

Zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa e incendios forestales para el municipio de Apulo (Cundinamarca) empleando información secundaria y SIG

Juan Felipe Espinel Carranza
Kelly Tatiana Rodríguez Rodríguez

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialistas en Sistemas de Información Geográfica

Director:

Geólogo M.Sc. Esp. Carlos Marcelo Jaramillo Echeverry

Línea de Investigación

Gestión del riesgo de desastres mediante el uso de SIG

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2024

Resumen

La gestión del riesgo de desastres está estrechamente relacionada con los objetivos de desarrollo sostenible adoptados en 2015 con el fin de abordar problemáticas sociales, económicas y ambientales, como el ODS 1 Fin de la pobreza, ODS2 Hambre cero, ODS 3 Salud y bienestar, ODS 6 Agua limpia y saneamiento, ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles, ODS 13 Acción por el clima, ODS 16 Paz, justicia e instituciones sólidas y ODS 17 Alianzas para lograr los objetivos, siendo indispensable que desde las entidades gubernamentales a nivel global hasta nivel local se trabaje articuladamente con el fin de fortalecer las estrategias para la protección y relación balanceada entre sociedad y medio ambiente, por medio de planes nacionales, departamentales y municipales de desarrollo.

El municipio de Apulo (Cundinamarca) no cuenta actualmente con mapa de gestión de riesgos, siendo vulnerable en materia de seguridad por la falta de zonificación de áreas en condición de susceptibilidad, por tanto, en el documento se presenta la revisión bibliográfica, recopilación, cotejo, selección, procesamiento y análisis de información secundaria oficial obtenida de diferentes entidades oficiales por medio de geoprocetamiento en software SIG, con el fin de identificar las áreas en condición de susceptibilidad, donde el 65.23% y 72.55% del área municipal está bajo una susceptibilidad alta frente a eventos de movimientos en masa e incendios forestales, respectivamente, según la metodología Cantillo e IDIGER, evidenciando la importancia de los sistemas de información geográfica en el análisis espacial para la toma de decisiones en materia de ordenamiento y planificación territorial.

Palabras clave: Gestión del riesgo de desastres, ordenamiento territorial, movimiento en masa, incendio forestal, sistemas de información geográfica, cartografía temática.

Abstract

Disaster risk management is closely related to the Sustainable Development Goals adopted in 2015 in order to address social, economic and environmental issues, such as SDG 1 End poverty, SDG 2 Zero hunger, SDG 3 Health and well-being, SDG 6 Clean water and sanitation, SDG 11 Sustainable cities and communities, SDG 13 Climate action, SDG 16 Peace, justice and strong institutions and SDG 17 Partnerships to achieve the goals, it is essential that government entities at the global and local levels work together to strengthen strategies for the protection and balanced relationship between society and the environment, through national, departmental and municipal development plans.

The municipality of Apulo (Cundinamarca) does not currently have a risk management map, being vulnerable in terms of security due to the lack of zoning of areas in susceptibility condition, therefore, the document presents the literature review, compilation, collation, selection, processing and analysis of official secondary information obtained from different official entities through geoprocessing in GIS software, in order to identify the areas in susceptibility condition, where 65.23% and 72.55% of the municipal area is under a high susceptibility to events of mass movements and forest fires, respectively, according to the Cantillo and IDIGER methodology, evidencing the importance of geographic information systems in the spatial analysis for decision making in land use and territorial planning.

Keywords: Disaster risk management, territorial planning, mass movement, forest fire, geographic information systems, thematic cartography.

Contenido

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN.....	10
2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA	10
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
2.3 JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. ANTECEDENTES	19
5. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	25
6. REFERENTE TEÓRICO	27
7. METODOLOGÍA.....	29
7.1 ENFOQUE METODOLÓGICO	29
7.2 TIPO DE ESTUDIO.....	29
7.3 PROCEDIMIENTO.....	30
8. RESULTADOS	36
8.1 MOVIMIENTOS EN MASA	36
8.2 INCENDIOS FORESTALES	49
8.3 ESTRUCTURACIÓN DE GDB	60
9. CONCLUSIONES	61
10. RECOMENDACIONES	63
11. REFERENCIAS.....	65

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Ubicación espacial de Apulo, Cundinamarca e identificación de su cabecera municipal</i>	11
Figura 2 <i>Distribución de edad de los habitantes de Apulo, Cundinamarca – Proyección DANE 2024</i>	12
Figura 3 <i>Porcentaje de inversión en gestión del riesgo por proceso</i>	14
Figura 4 <i>Indicador de bienestar sobre la gestión del riesgo en el municipio</i>	14
Figura 5 <i>Índice de riesgo ajustado por capacidades</i>	15
Figura 6 <i>Pirámide Hans Kelsen referente normativo y legal</i>	26
Figura 7 <i>Esquema sobre las fases de investigación planteadas</i>	30
Figura 8 <i>Metodología por fenómenos de movimientos en masa Cantillo (1998)</i>	31
Figura 9 <i>Modelo digital de elevación (izquierda) y susceptibilidad (derecha)</i>	38
Figura 10 <i>Susceptibilidad por densidad de Inventario de movimientos en masa</i>	39
Figura 11 <i>Geología (izquierda) y susceptibilidad (derecha)</i>	41
Figura 12 <i>Susceptibilidad por densidad de drenajes</i>	42
Figura 13 <i>Coberturas de la tierra según leyenda Corine Land Cover nivel 2</i>	44
Figura 14 <i>Susceptibilidad según Coberturas de acuerdo con datos Corine Land Cover nivel 2</i>	45
Figura 15 <i>Usos del suelo</i>	46
Figura 16 <i>Susceptibilidad por usos del suelo</i>	47
Figura 17 <i>Ecuación para la generación del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa</i>	47
Figura 18 <i>Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, Apulo (Cundinamarca)</i>	48
Figura 19 <i>Coberturas de la tierra según leyenda Corine Land Cover nivel 3</i>	49
Figura 20 <i>Susceptibilidad por tipo de combustible</i>	52
Figura 21 <i>Susceptibilidad por duración del combustible</i>	54
Figura 22 <i>Susceptibilidad por carga total del combustible</i>	57
Figura 23 <i>Mapa de susceptibilidad por incendios forestales, Apulo (Cundinamarca)</i>	58
Figura 24 <i>Inventario de incendios forestales</i>	59
Figura 25 <i>Estructuración de Geodatabase GDB</i>	60

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Distribución por edad y género de los habitantes de Apulo, Cundinamarca</i>	13
Tabla 2 <i>Fuentes de obtención de información secundaria</i>	32
Tabla 3 <i>Información secundaria obtenida</i>	34
Tabla 4 <i>Escala de clasificación de la susceptibilidad</i>	36
Tabla 5 <i>Susceptibilidad por pendiente para eventos de movimientos en masa</i>	36
Tabla 6 <i>Distribución de susceptibilidad por pendiente para movimientos en masa</i>	37
Tabla 7 <i>Distribución de susceptibilidad por inventario de eventos de movimientos en masa</i>	39
Tabla 8 <i>Susceptibilidad por geología para eventos de movimientos en masa</i>	40
Tabla 9 <i>Distribución de susceptibilidad por geología para movimientos en masa</i>	41
Tabla 10 <i>Distribución de susceptibilidad por hidrología para movimientos en masa</i>	42
Tabla 11 <i>Susceptibilidad según coberturas de la tierra CLC nivel 2</i>	43
Tabla 12 <i>Susceptibilidad según cobertura para eventos de movimientos en masa</i>	43
Tabla 13 <i>Distribución de susceptibilidad por cobertura para movimientos en masa</i>	45
Tabla 14 <i>Susceptibilidad según uso del suelo para eventos de movimientos en masa</i>	46
Tabla 15 <i>Distribución de susceptibilidad por uso del suelo para movimientos en masa</i>	47
Tabla 16 <i>Tipo de combustible predominante de acuerdo con la cobertura Corine Land Cover nivel 3</i> ...	50
Tabla 17 <i>Clasificación de susceptibilidad por tipo de combustible</i>	50
Tabla 18 <i>Susceptibilidad por tipo de combustible para incendios forestales</i>	51
Tabla 19 <i>Distribución de susceptibilidad por tipo de combustible</i>	52
Tabla 20 <i>Duración del combustible según cobertura Corine Land Cover nivel 3</i>	52
Tabla 21 <i>Clasificación de susceptibilidad por duración del combustible</i>	53
Tabla 22 <i>Susceptibilidad por duración del combustible para incendios forestales</i>	53
Tabla 23 <i>Distribución de susceptibilidad por duración del combustible</i>	54
Tabla 24 <i>Carga total del combustible según cobertura Corine Land Cover nivel 3</i>	55
Tabla 25 <i>Clasificación de susceptibilidad por carga total del combustible</i>	55
Tabla 26 <i>Susceptibilidad por carga total del combustible para incendios forestales</i>	56
Tabla 27 <i>Distribución de susceptibilidad por carga total del combustible</i>	57
Tabla 28 <i>Distribución de susceptibilidad por inventario de eventos de incendios forestales</i>	59

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Término
<i>Ha</i>	Hectáreas
<i>m</i>	Metros
<i>m²</i>	Metros cuadrados
<i>Km</i>	Kilómetros
<i>Km²</i>	Kilómetros cuadrados
%	Porcentaje
°	Grados
‘	Minutos
“	Segundos
°C	Grados centígrados
<i>mm</i>	Milímetros
<i>msnm</i>	Metros sobre el nivel del mar

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>ANI</i>	Agencia Nacional de Infraestructura
<i>CAR</i>	Corporaciones Autónoma Regional
<i>CMGRD</i>	Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres
<i>CONPES</i>	Consejo Nacional de Política Económica y Social
<i>DANE</i>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
<i>DNP</i>	Departamento Nacional de Planeación
<i>EOT</i>	Esquema de Ordenamiento Territorial
<i>FAO</i>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<i>GRD</i>	Gestión del Riesgo de Desastres
<i>ICDE</i>	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales
<i>IDIGER</i>	Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Abreviatura	Término
<i>IDEAM</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<i>IGAC</i>	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
<i>INVIAS</i>	Instituto Nacional de Vías
<i>KPT</i>	Kit de Planeación Territorial
<i>MADR</i>	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
<i>MADS</i>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<i>MGN</i>	Marco Geoestadístico Nacional
<i>PBOT</i>	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
<i>PDGRD</i>	Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres
<i>PGRD</i>	Plan de Gestión del Riesgo de Desastres
<i>PMGRD</i>	Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres
<i>PNC</i>	Plan Nacional de Contingencia
<i>POMCA</i>	Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas
<i>POT</i>	Plan de Ordenamiento Territorial
<i>SDGRD</i>	Secretaría Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres
<i>SGC</i>	Servicio Geológico Colombiano
<i>SIIG</i>	Sistema Integrado de Información Geocientífica
<i>SIMMA</i>	Sistema de Información de Movimientos en Masa
<i>SINC</i>	Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras
<i>SISPT</i>	Sistema de Planeación Territorial
<i>SNGRD</i>	Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
<i>UAEGRDC</i>	Unidad Administrativa Especial para la Gestión del Riesgo de Desastres de Cundinamarca
<i>UNDRR</i>	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
<i>UNGRD</i>	Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres
<i>UPRA</i>	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

1. Introducción

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 del Gobierno Nacional, los diálogos regionales llevados a cabo con los ciudadanos en diferentes zonas del territorio nacional, se ha hecho énfasis entre varias cosas en el uso inadecuado del suelo, deterioro del medio ambiente, aumento de las condiciones de riesgos frente a desastres naturales y desactualización de los planes de ordenamiento territorial (DNP, 2022). En conjunto, las entidades del orden nacional y regional deben destinar recursos para la ejecución de estudios de riesgo de desastres y su cartografía para los POT, pues el 7% de la población del país se encuentra expuesta a desastres como movimientos en masa, así como lo sucedido recientemente en el municipio de Rosas (Cauca) en 2023 donde hubo destrucción de viviendas, instituciones educativas, cultivos, personas damnificadas y afectación de la vía panamericana, lo cual incrementó el problema al dejar incomunicado a varios municipios del sur del país (UNGRD, 2023). Adicionalmente, el Plan Nacional de Desarrollo enfatiza en la implementación de un plan nacional de prevención y control de incendios forestales, así como la restauración de las áreas afectadas por estos eventos los cuales están asociados e incentivados en su mayoría por la intervención y actividades desarrolladas por el hombre que conllevan a la deforestación (DNP, 2022).

El desarrollo y crecimiento constante de las ciudades y centros poblados ha provocado que se implementen medidas para que esta expansión se realice mediante la mejor relación humano-ambiente, interviniendo en la construcción de esquemas y planes de ordenamiento territorial, donde se establecen las acciones para la gestión del riesgo a partir del análisis de datos representados mediante datos espaciales y cartografía (Adjagan & Raphael, 2023).

2. Planteamiento del problema de investigación y su justificación

Los riesgos de desastres se derivan de la combinación de las amenazas y susceptibilidades presentes en el territorio, en donde su gestión tiene como propósito principal conocer, analizar, evaluar, monitorear, comunicar y reducir los riesgos presentes, así como manejar los desastres desencadenados por el suceso de los eventos de riesgo (Rivera et al., 2020); sin embargo, es un tema de constante mejora y aplicación debido a que aún se presentan desastres que como consecuencia dejan pérdidas considerables y generan problemas nuevos en el territorio por el planteamiento de modelos que resultan ser inapropiados en el desarrollo de la relación sociedad-ambiente (Campos et al., 2012).

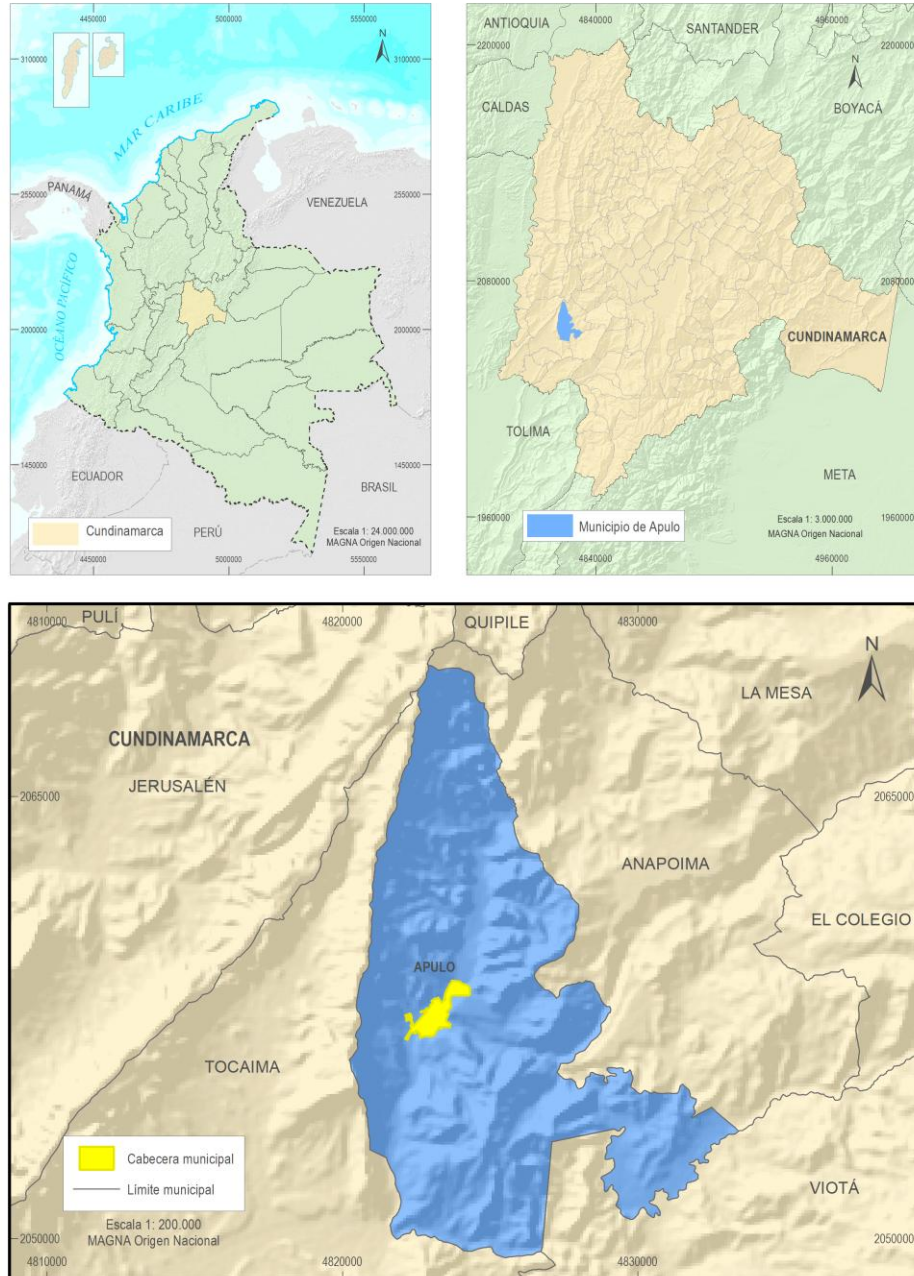
2.1 Descripción del área problemática

Colombia presenta una tendencia creciente en la frecuencia de ocurrencia de desastres naturales debido a su amplia diversidad climática, geológica, hidrológica y geográfica en general, que se extiende para todo su territorio y que, sumado a una baja inversión pública en la prevención de desastres aumentan las probabilidades de pérdidas materiales y vidas humanas; así como las consecuencias del conflicto armado que obliga a las personas de las zonas rurales asentarse en terrenos vulnerables a las diferentes amenazas presentes (Ayala & Ospino, 2023).

Entre 1998 y 2021 según datos de la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD) como organismo oficial encargado en Colombia, se registraron 3.690 fallecidos, 6.173 heridos, 675 desaparecidos y 21.5 millones de personas afectadas por los desastres naturales, siendo los movimientos en masa y las inundaciones los desastres con mayor impacto en estas cifras con una representación del 52% y 34%, respectivamente (Ayala & Ospino, 2023).

Figura 1

Ubicación espacial de Apulo, Cundinamarca e identificación de su cabecera municipal



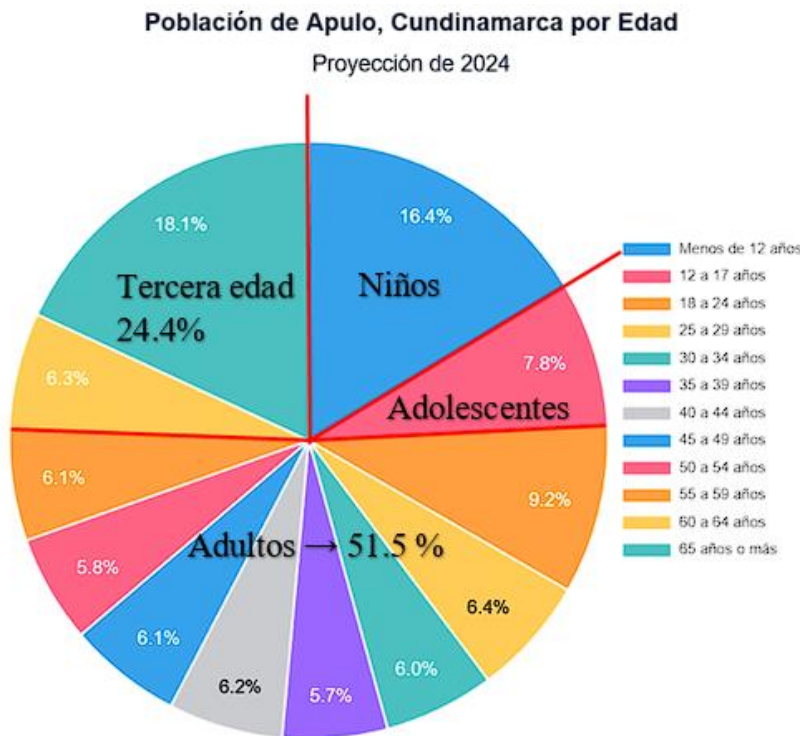
La zona de estudio corresponde a un área de 12.240 hectáreas limitando con los municipios de Anapoima, Viotá, Tocaima y Jerusalén, en donde solamente 209 hectáreas corresponden de la cabecera municipal (1.70%) integrada por 14 barrios; mientras que el área

restante corresponde a zona rural distribuida en 28 veredas agrupadas en 4 sectores del área municipal (Alcaldía Municipal de Apulo, 2020).

Ahora bien, la población según proyección del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE corresponde a 9.885 habitantes, siendo el 51.1% hombres y el 48.9% restante, mujeres, distribuidos similarmente entre la cabecera municipal con 4.890 habitantes equivalentes al 49% y la zona rural dispersa con 4.995 habitantes equivalentes al 51% (DANE, 2023).

Figura 2

Distribución de edad de los habitantes de Apulo, Cundinamarca – Proyección DANE 2024



Adaptado de: (Telencuestas, 2024) a partir de datos DANE.

En cuanto a la clasificación de los habitantes de Apulo, mayormente son personas adultas entre los 18 y 60 años, los cuales representan el 51.5 %; mientras que, el porcentaje de niños y adolescentes es similar al de adultos mayores con el 24.4% y 24.2% respectivamente, donde es mayor el género masculino con una pequeña diferencia (DANE, 2023).

Tabla 1*Distribución por edad y género de los habitantes de Apulo, Cundinamarca*

CLASIFICACIÓN	EDAD	GÉNERO				Total	% Total
		Femenino	% Femenino	Masculino	% Masculino		
Niños	< 12 años	790	48.8%	828	51.2%	1618	16.4%
Adolescentes	12-17 años	362	47.0%	409	53.0%	771	7.8%
Adultos	18-60 años	2483	48.8%	2605	51.2%	5088	51.5%
Adultos Mayores (Tercera edad)	> 60 años	1195	49.6%	1213	50.4%	2408	24.4%
SUBTOTAL		4830	48.9%	5055	51.1%	9885	100.0%

Fuente: (DANE, 2023)

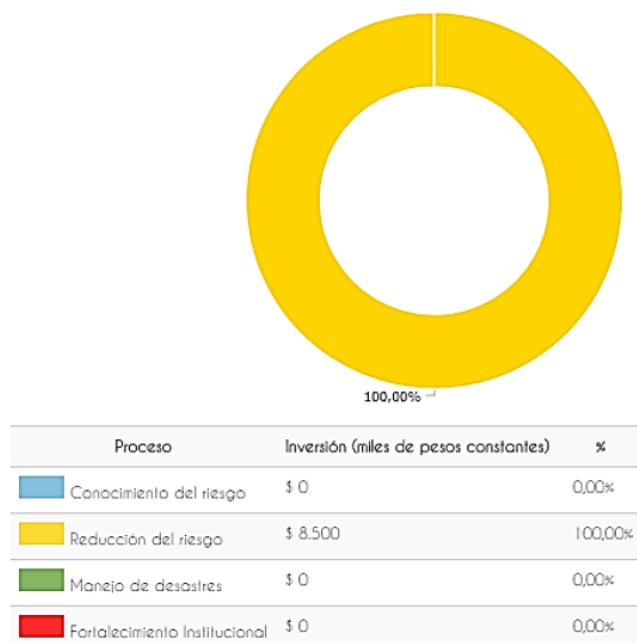
Según el plan de desarrollo del municipio de Apulo se estima que 887 hectáreas se encuentran en alto riesgo de inestabilidad; sin embargo, el municipio no cuenta con un mapa de gestión del riesgo, haciéndolo bastante susceptible a los eventos de movimiento en masa e incendios forestales que puedan ocurrir debido al desconocimiento y estado del municipio en relación con esto (Alcaldía Municipal de Apulo, 2020).

Según la figura 3, se evidencia que desde la administración local del municipio no se destinan los recursos suficientes para el fortalecimiento institucional, conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres (Alcaldía Municipal de Apulo, 2020).

Adicionalmente las construcciones en su mayoría son compuestas por materiales que no cumplen con la norma sismo resistente y que sumado a la ubicación geográfica del municipio donde se encuentra el río Apulo y el río Bogotá se genera una mayor exposición del riesgo a las viviendas aledañas, por los deslizamientos debido al debilitamiento del suelo a causa de la fuerza de arrastre del agua, siendo necesario planificar un frente de trabajo que abarquen esta problemática. (Alcaldía Municipal de Apulo, 2020).

Figura 3

Porcentaje de inversión en gestión del riesgo por proceso



Fuente: (Alcaldía Municipal de Apulo, 2020)

Por último, según el índice municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades determinado por el Departamento Nacional de Planeación DNP, se evidencia que el municipio de Apulo (Cundinamarca) cuenta con un riesgo considerable teniendo en cuenta los componentes financieros, socioeconómicos y de gestión del riesgo para atender los diferentes eventos de desastres naturales que se puedan presentar (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2018).

Figura 4

Indicador de bienestar sobre la gestión del riesgo en el municipio

Meta de resultado	Indicador de bienestar	Unidad de medida	Línea base	Año de línea base	Meta del Cuatrenio	Fuente
Implementar en 60% el plan de gestión del riesgo de	Porcentaje de implementación del plan de gestión del riesgo de	Porcentaje	0	N/A	60%	N/A

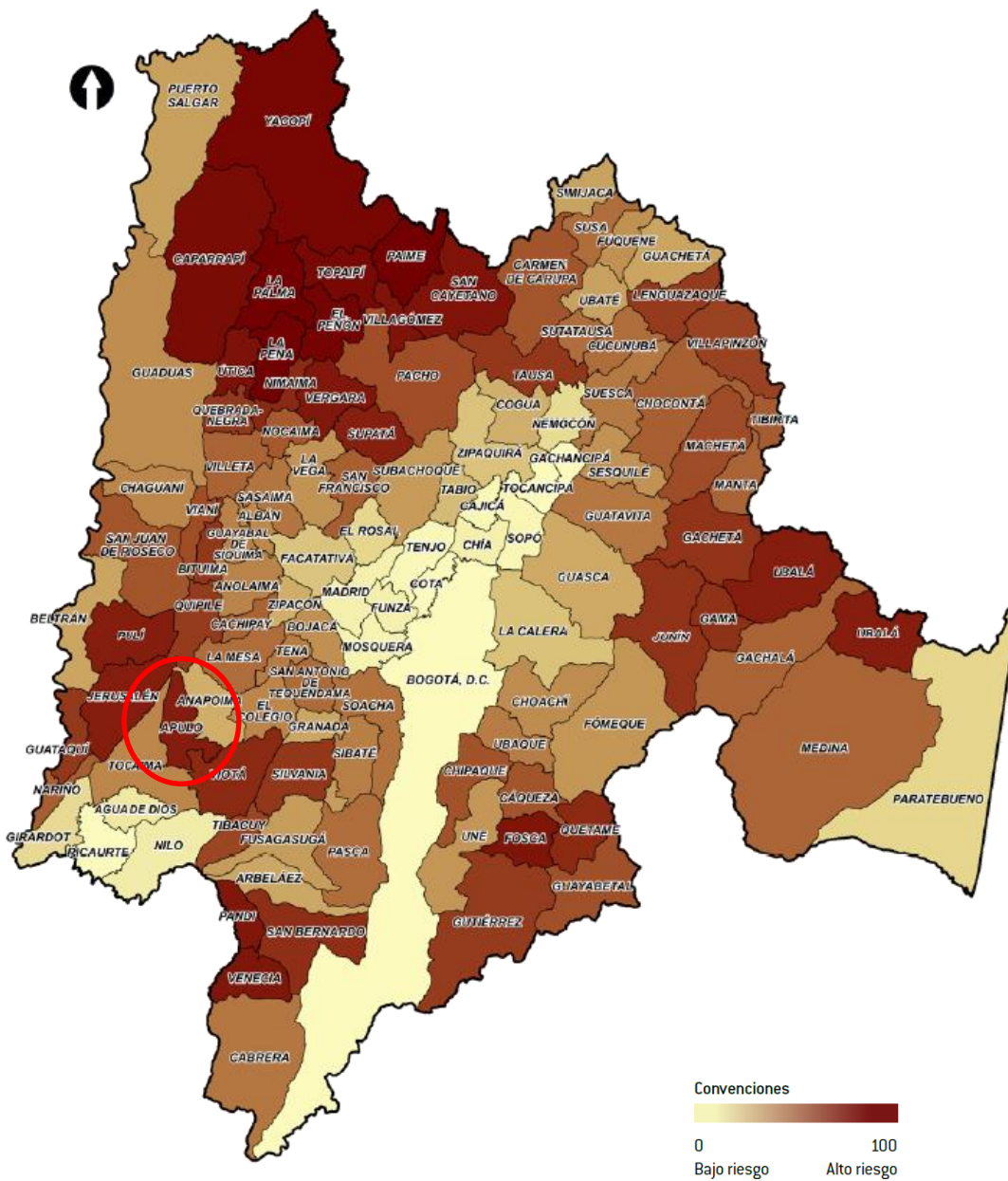
desastres y estrategia para la respuesta a emergencias

desastres y estrategia para la respuesta a emergencias

Fuente: Ajustado de (Alcaldía Municipal de Apulo, 2020)

Figura 5

Índice de riesgo ajustado por capacidades



Fuente: (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2018)

La población de estudio corresponde al comportamiento demográfico de los habitantes del municipio de Apulo, especialmente en la cabecera municipal por ser la zona donde hay una mayor concentración de personas por metro cuadrado, viviendas e interacción de la comunidad.

2.2 Formulación del problema

¿Cuál es la contribución de implementar sistemas de información geográfica en el municipio de Apulo (Cundinamarca) para la zonificación de susceptibilidad ante eventos de movimientos en masa e incendios forestales?

2.3 Justificación

Los desastres naturales son influenciados por la combinación de factores físicos, ambientales, económicos, políticos, organizacionales, educativos, culturales y sociales que pueden ser atendidos en función de las capacidades institucionales de cada ente territorial en términos de dotación y financiación para la implementación de proyectos, programas y acciones en pro del conocimiento, reducción y manejo del riesgo, articulados con el plan de desarrollo municipal o departamental (Rivera et al., 2020).

El análisis de la susceptibilidad, amenaza y riesgo debe concluir en la zonificación del territorio en donde cada etapa de la metodología implica la manipulación de datos geoespaciales mediante datos primarios o secundarios provenientes del levantamiento de información y uso de técnicas como la teledetección que en conjunto con los sistemas de información geográfica permiten evaluar el estado del territorio para la toma de decisiones (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2016).

Por lo tanto, es importante garantizar la producción de insumos técnicos de forma oportuna para la orientación en la toma de decisiones mediante un sistema de información que

permita gestionar el inventario de desastres, puntos críticos, daños y pérdidas; así como un plan de respuesta ante eventos mediante el uso de tecnologías de vanguardia que permitan una mayor eficiencia en la atención a emergencias y evaluación del evento (Rivera et al., 2020).

De acuerdo con lo anterior, la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el campo de la gestión del riesgo de desastres naturales ha permitido realizar análisis precisos y detallados de las susceptibilidades y amenazas que se presentan en una zona específica, siendo una herramienta importante para calcular variables y parámetros que son representados en modelos con el fin de determinar y evaluar causas y consecuencias ante el suceso de cualquier evento potencial, puesto que, la superposición de información conlleva a obtener una evaluación multicriterio para la determinación de zonificaciones de susceptibilidad, amenaza y riesgo teniendo en cuenta procesos estadísticos y pesos porcentuales, con el fin de que se tomen decisiones sustentadas en favor de lograr el menor impacto posible para la población y el medio ambiente (Llorente et al., 2009).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar la zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa e incendios forestales mediante técnicas SIG como insumo para la gestión del riesgo del municipio de Apulo, Cundinamarca.

3.2 Objetivos específicos

1. Revisar información bibliográfica acerca del manejo de desastres naturales, gestión del riesgo y zonificación de áreas de susceptibilidad mediante el uso software SIG.
2. Contrastar la información geoespacial secundaria disponible en diferentes geoportales e infraestructura de datos espaciales administradas por entidades públicas y privadas.
3. Producir cartografía temática sobre la zonificación de áreas en condición de susceptibilidad por movimientos en masa e incendios forestales, estructurando los resultados mediante una base de datos geográfica (GDB) del municipio de Apulo, Cundinamarca.

4. Antecedentes

En Colombia los departamentos que más sucesos de movimientos en masa ha presentado son Antioquia, Cundinamarca, Nariño, Tolima, Boyacá, Santander, Valle del Cauca y Cauca, siendo los departamentos de Nariño, Valle del Cauca y Santander con mayor número de personas afectadas (UNGRD, 2020); por otra parte, en cuanto a incendios forestales los departamentos con mayor registro de eventos son Cundinamarca, Huila, Santander, Tolima, Casanare, Córdoba y Antioquia, siendo los departamentos de Huila, Tolima y Cundinamarca los que tienen más hectáreas afectadas (Caicedo, 2023).

Entre las causas del aumento en los niveles de susceptibilidad y riesgo a nivel nacional se relaciona el crecimiento constante de la población y expansión de las cabeceras municipales y creación de centros poblados; además de las personas en condición de pobreza, asentamiento de migrantes con condiciones no óptimas y el desplazamiento forzado en consecuencia del conflicto armado en el país, generan la expansión y creación de barrios informales en terrenos inestables con infraestructura deficiente, aún más cuando los planes de manejo de cuencas (POMCA) no se encuentran articulados con los esquemas, planes básicos o planes de ordenamiento territorial, lo cual produce una debilidad en la gestión del suelo, incluso en la capital del país donde la ciudad se encuentra con zonas de amenaza a eventos de movimientos en masa, incendios forestales e inundaciones (POT Bogotá Reverdece 2022-2035, 2021).

Los eventos más ocurridos en el departamento de Cundinamarca asociados a factores hidrometeorológicos registrados entre los años 1975 y 2020 corresponden a incendios forestales, inundaciones y movimientos en masa, donde se presentó un aumento de los diferentes eventos desde aproximadamente el 2005 (FAO, 2022).

De acuerdo con lo anterior y frente a las necesidades de zonificar las áreas susceptibles frente a estos sucesos relacionados con el cambio climático y la actividad humana, se han desarrollado estudios en donde se abarcan los diferentes escenarios con apoyo de las tecnologías geoespaciales. Duque (2023) implementó un SIG como herramienta para la gestión y toma de decisiones basadas en análisis espacial mediante el uso de metodología cuantitativa para identificar necesidades, requerimientos y recursos disponibles. Aldana (2018) al hacer uso de tecnología LiDAR obtuvo datos e inventario de estructuras para identificar cambios en la mismas y la densificación de los cascos urbanos que contribuyen a establecer políticas o planes para procesos de gestión de riesgo. Bustos (2021) realizó una integración de técnicas geomáticas haciendo uso de software SIG tomando información de portales y bases de datos de instituciones oficiales como el SGC, IDEAM e IGAC, como insumo para la elaboración de mapas de amenaza del municipio de Utica, Cundinamarca.

Marcado et al (2016) realizó la comparación de dos tipos de información (vector y ráster) para evaluar la susceptibilidad por remoción en masa a partir de insumos como modelos digitales de elevación (MDE) proporcionado por la NASA con información más detallada en su momento como apoyo para la información temática de la cartografía. Gómez (2020) realizó la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa a escala 1:100.000, combinando el método heurístico con enfoque estadístico bivariado, haciendo uso de bases de datos espaciales sobre movimientos en masa obtenido mediante el uso de sensores remotos, litología, geomorfología, fallas, MDE-NASA para la adquisición de datos de pendiente, elevación y bibliografía en general, en donde los productos generados desde sensores remotos facilitó la recopilación de una cantidad mayor de datos y minimizó los sesgos de información típicos de otras fuentes bibliográficas.

Domínguez et al (2016) desarrolló un geovisor de datos que es alimentado con información de estudios geotécnicos relacionados con amenaza y riesgo para movimientos en masa, permitiendo la generación de mapas temáticos y la consulta dinámica de cartografía con un acceso rápido, ordenado y eficiente de la información geoespacial. Grisales et al (2022) en su trabajo resalta la importancia de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos por movimientos en masa mediante la integración de SIG, donde la interpretación e identificación de estos riesgos basando su metodología mediante perfiles de estabilidad de taludes, el cual contiene un valor asignado a partir de factor de seguridad para cada celda de la malla, obteniendo un análisis de susceptibilidad para contribuir a planes de gestión de riesgo.

Henao et al (2024) consideró en su trabajo factores intrínsecos del terreno como la pendiente, geología estructural, geomorfología y cobertura del suelo, mediante el uso de análisis multicriterio y heurístico sobre los eventos de remoción en masa más concurridos en la zona con el uso de software ArcGIS, teniendo como resultado mapas de susceptibilidades para movimientos en masa por cada variable. Por otra parte, Molina (2021) indica que el riesgo por movimiento en masa es uno de los problemas más importantes al momento de diseñar, implementar y desarrollar estrategias para la prevención, es decir que, algunos municipios de Colombia no han contemplado este tema en su plan de ordenamiento territorial como base para la creación de programas de prevención y mitigación, por lo cual, hizo uso de aplicaciones web con herramientas de análisis espacial que facilitan la creación de relaciones entre las distintas variables del territorio.

Gómez et al (2013) determinó en su análisis la susceptibilidad a los movimientos en masa, un modelo cartográfico elaborado con herramientas SIG que fue verificado y validado con los procesos erosivos identificados en el terreno y utilizando la tabla de clasificación de la

Corporación Autónoma Regional CAR de Caldas como referencia. A partir de estos mapas de información de uso de suelo, geología, fallas, pendiente y precipitación, mostraron que las áreas con mayor susceptibilidad están asociadas a zonas de pendiente y alta precipitación en la cuenca de Campo Alegre ubicada en el municipio Santa Rosa de Cabal.

Duarte (s.f.) organizó y estandarizó la creación y gestión de bases de datos geográficas en planes de ordenamiento territorial POT para la generación de productos cartográficos de alta calidad, es así como la estructuración de bases de datos logra un orden lógico de la información, que es necesario para la elaboración de mapas temático e implementación en la gestión de riesgos de desastres. Erazo (2018), expresa que el uso de sensores remotos, como los drones han llevado a que se acceda a información de manera más fácil y se realice controles más frecuentes en diferentes áreas para establecer planes de acción frente a desastres naturales, siendo este tipo de tecnología una buena opción para la captura y recolección de información confiable de manera más eficiente.

Barreto (2020), García (2021), Lugo (2021) y Palencia (2022) desarrollan en estos estudios exploración en el uso de herramientas geoespaciales y software especializado en el análisis de datos para atender fenómenos ambientales y urbanos. El primer estudio desarrolló la firma espectral para identificar cobertura vegetal usando imágenes multiespectrales de satélite y software SIG (Barreto, 2020); así mismo el segundo análisis relaciona el cambio en área mediante la digitalización y clasificación supervisada por medio de imágenes satelitales, cuantificando la variación de la cobertura en cierto tiempo (García, 2021); el tercer estudio investiga la transición del uso del suelo hoy debido al crecimiento urbano utilizando imágenes de satélite (Lugo, 2021); y el último estudio evalúa el procesamiento de imágenes de dron en

diferentes software de código abierto y comercial para la determinación del estado e identificación de elementos geográficos presentes en el territorio (Palencia, 2022).

Ahora bien, es importante que el plan de ordenamiento territorial contemple en su estructuración el estudio correspondiente a la gestión del riesgo de desastres enfocado en los eventos históricos y en las zonas habitadas con alta probabilidad de ocurrencia, donde la generación de cartografía temática para cada variable involucrada debe ser cuidadosamente planeada, teniendo en cuenta que la información consignada ha de ser evaluada mediante una revisión de chequeo documental y experimental en campo, lo cual implica una gran destinación de recursos y equipo técnico de diferentes áreas profesionales para la correcta caracterización del territorio, como punto de partida en la definición de zonas en condición de susceptibilidad, amenaza y riesgo (Millán, 2006).

La zonificación de riesgos por deslizamientos de tierra ha sido ampliamente abordada en diversas regiones de Colombia, utilizando principalmente SIG para el análisis espacial de factores como la pendiente, uso del suelo, geología, precipitación y temperatura. Un ejemplo de este enfoque se observa en Nariño, donde se desarrolló un modelo de susceptibilidad que permitió identificar las zonas de mayor riesgo en su territorio montañoso, lo que facilitó la toma de decisiones en la planificación territorial y la prevención de desastres (Osorio, 2019).

El uso de SIG para modelar la susceptibilidad a incendios forestales se ha consolidado en diversas investigaciones que analizan factores como las coberturas, temperatura y humedad, por ejemplo, en el municipio de Girardot se ha realizado un análisis de las áreas más vulnerables a incendios forestales mediante un diagnóstico de conflicto arbóreo, que vincula la presencia de vegetación con la probabilidad de ocurrencia de incendios. Este análisis también evalúa factores como el uso del suelo, condiciones climáticas e infraestructura urbana (Carrillo et al., 2019).

La Secretaría Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres (SDGRD) de Cundinamarca, el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) y la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) han desempeñado un papel crucial en el análisis y la zonificación de riesgos asociados a fenómenos naturales, como los movimientos en masa e incendios forestales, en varias regiones de Colombia. A nivel nacional, la SNGRD establece directrices y políticas que buscan fortalecer la gestión integral del riesgo, promoviendo el uso de herramientas como los SIG y la integración de información secundaria, como mapas topográficos, datos meteorológicos y censos agropecuarios (UNGRD, 2024c).

En el caso específico de Cundinamarca, la SDGRD ha impulsado estudios de susceptibilidad a deslizamientos y a incendios forestales en diversos municipios, utilizando herramientas avanzadas de SIG para integrar múltiples factores de riesgo. En este contexto, las herramientas SIG junto con los datos secundarios ya generados por diferentes entidades oficiales facilitan la planificación territorial y la reducción del riesgo de desastres (UNGRD, 2024c).

A nivel departamental, la SDGRD de Cundinamarca implementa estas políticas, adaptándolas a las particularidades de cada municipio (UAEGRDC, 2018), mientras que la UPRA contribuye con su experiencia en el análisis territorial y la planificación del uso del suelo, esenciales para identificar las áreas con mayor susceptibilidad a eventos que amenazan el sector agropecuario y es vinculante con el ordenamiento territorial (UPRA, 2023).

5. Referente normativo y legal

- Decreto 36 del 20 de junio de 2023 Municipio de Apulo: Por el cual se modifica el decreto municipal No 56 de 2022 “Por medio del cual se actualiza el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo y Desastres de Apulo Cundinamarca y se dictan otras disposiciones” (Alcaldía municipal de Apulo, 2023).

- Decreto 1081 de 2015: Por el cual se reglamenta la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres PNGRD (Gobierno de Colombia, 2015).

- Decreto 1807 de 2014: Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-Ley 019 de 2012 en lo relacionado a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones (Gobierno de Colombia, 2014).

- Ley 1523 de 2012: Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Gobierno de Colombia, 2012).

- Ley 388 de 1997: Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones (Gobierno de Colombia, 1997).

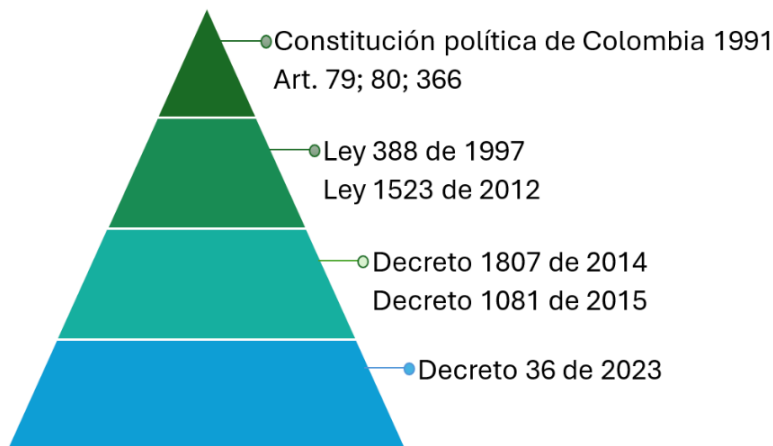
-Artículo 79 CP1991: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano... Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

-Artículo 80 CP1991: El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

-Artículo 366 CP1991: El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.

Figura 6

Pirámide Hans Kelsen referente normativo y legal



6. Referente teórico

- Sistemas de información geográfica: Herramientas y componentes fundamentales para la lectura, edición, representación y análisis de datos tipo ráster o vectorial, que son implementados mediante software libres o comerciales para la versatilidad del manejo de datos geoespaciales de forma estructurada (Olaya, 2009).

- Gestión del riesgo: Metodología y política donde se identifican los diferentes riesgos, amenazas y susceptibilidades para determinar estrategias en la reducción del riesgo, contemplando aspectos ambientales, sociales, económicos y culturales. Esta política es indispensable para la seguridad territorial y contribución en la calidad de vida de los habitantes (Calderón Ramírez & Frey, 2017).

- Cartografía temática: Representación de objetos específicos en sus formas y dimensión espacial del territorio que describen aspectos socio territoriales, comprensión y funcionamiento de una sociedad. Actualmente las herramientas de geovisualización permiten que los datos geoespaciales sean identificados y soportados mediante mapas (Pueyo, y otros, 2016).

- Amenaza: Probabilidad de la ocurrencia de fenómenos físicos peligrosos del mundo natural debido a las dinámicas geológicas, geomorfológicas, atmosféricas o antropológicas en una zona y tiempo, determinando en donde se expone la generación de daños, pérdidas materiales y humanas que impactan a una sociedad (Lavell, s.f).

- Susceptibilidad: Conjunto de características de origen social donde la población o un componente de esta hace que sea propensa o susceptible de sufrir los daños y pérdidas cuando es impactada por fenómenos físicos externos (Lavell, s.f).

- Riesgo: Condición física determinada por un desastre que afecta de manera integrada con aspectos económicos, ambientales y de desarrollo humano a una población (Lavell, s.f).

- Sensores remotos: Tecnología que contribuye a la adquisición de datos mediante relaciones espectrales detectando varios tipos de objetos dentro del espectro electromagnético. Este tipo de dispositivos pueden ser colocados en plataformas orbitales (satélites) o ser transportados en aviones u vehículos aéreos no tripulados como drones, en donde las condiciones de resolución espacial y espectral son aspectos importantes para la generación de mapas, cuantificación y monitoreo de zonas de interés (Perez, 2007).

- Objetivos de desarrollo sostenible: Objetivos fijados por la Naciones Unidas en 2015 como parte de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, en los cuales se busca disminuir las condiciones de pobreza, proteger el planeta y mejorar la calidad de vida de las personas a nivel global, abordando las principales problemáticas socioeconómicas y socioambientales (Naciones Unidas, 2024).

- Guía para la integración de la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en los planes de desarrollo territoriales (UNGRD, 2024b).

- Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres “Una estrategia de desarrollo” 2015-2030, segunda actualización (UNGRD, 2024c).

- Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, Colombia potencia mundial de la vida (Gobierno de Colombia, 2023).

- Guía metodológica para la formulación y actualización de planes municipales de gestión del riesgo de desastres - PMGRD (UNGRD, 2021).

7. Metodología

Trabajo basado en revisión de literatura, recopilación, procesamiento y análisis de información secundaria con el fin de realizar análisis geoespaciales y geoestadísticos, es decir, un enfoque metodológico mixto con una inclinación hacia el enfoque cuantitativo toda vez que la justificación está soportada bajo la relación de variables medidas con instrumentos y analizadas por medio de procedimientos estadísticos (Creswell, 2009), en este caso, mediante la implementación de técnicas y software SIG donde se necesitan diferentes variables, mecanismos para la obtención de información y herramientas análisis espacial y geoestadístico para caracterizar la zona de estudio con el fin de zonificar las áreas en condición de susceptibilidad.

7.1 Enfoque metodológico

El enfoque metodológico está basado en una estrategia descriptiva secuencial puesto que los datos cuantitativos tienen más peso que los datos cualitativos, por ende, los datos cuantitativos son los que se recolectan y analizan primero para después recolectar y analizar los datos cualitativos que complementen a los datos cuantitativos iniciales con una mayor ponderación en los datos cuantitativos (Creswell, 2009).

7.2 Tipo de estudio

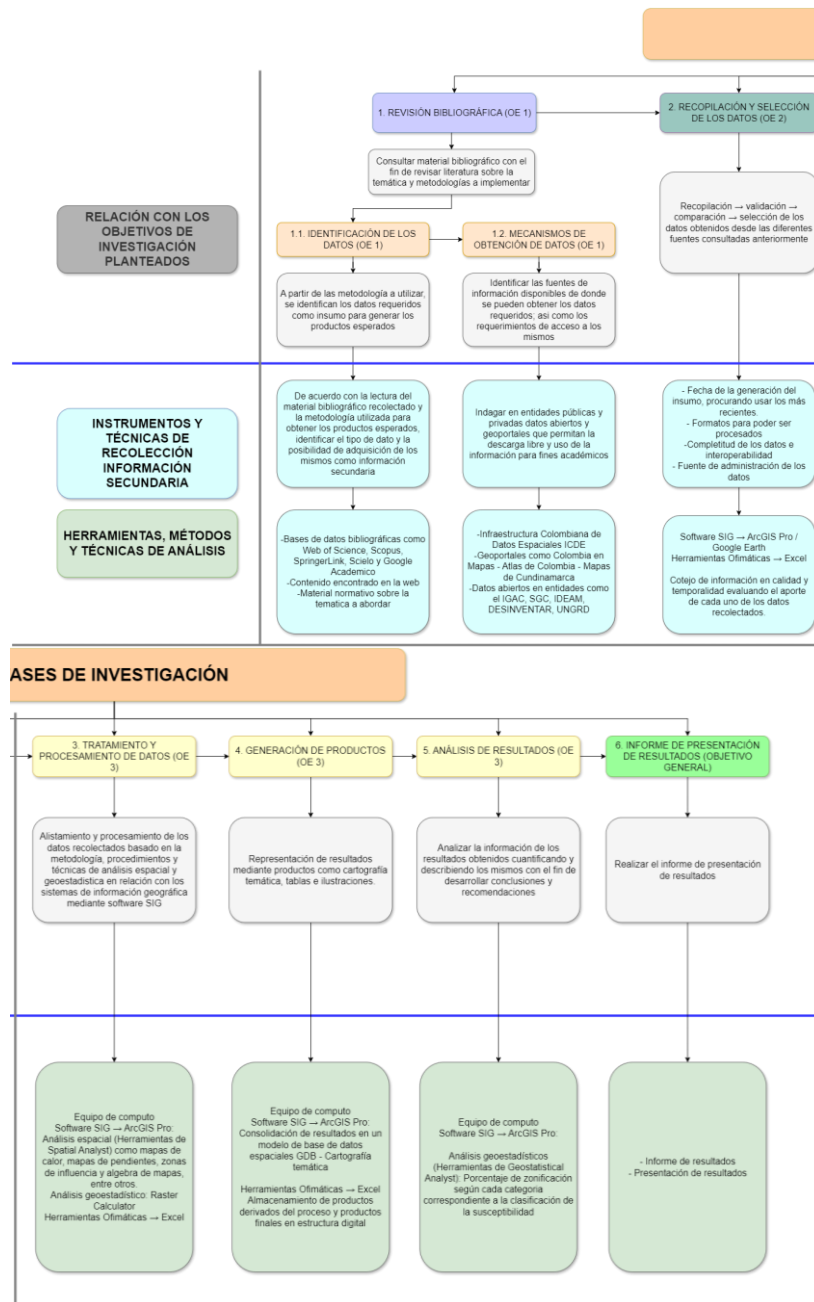
El presente proyecto corresponde a un diseño de investigación no experimental transeccional descriptivo, puesto que se pretende aplicar una metodología ya establecida mediante la recopilación de datos disponibles desde diferentes fuentes oficiales en un único momento, los cuales pueden corresponder a varias temporalidades (información secundaria) como insumos previos para la generación de los productos correspondientes (Sampieri, 2014).

7.3 Procedimiento

A continuación, se presenta el esquema correspondiente a las fases ejecutadas para el proyecto, las cuales se relacionan a los objetivos planteados:

Figura 7

Esquema sobre las fases de investigación planteadas



A partir del esquema anteriormente relacionado, se describe a continuación con mayor detalle las fases correspondientes:

1. Revisión bibliográfica: Como primera fase se recopiló todo el material bibliográfico en relación con la Gestión de Riesgo de Desastres enfocado en los eventos de movimientos en masa e incendios forestales, mediante la búsqueda de literatura en diferentes bases de datos bibliográficas; así como manuales y/o guías metodológicas de entidades nacionales e internacionales, trabajos de grado relacionados y revisión de la legislación y normatividad respectiva.

De acuerdo con el material bibliográfico consultado, la metodología para la zonificación de susceptibilidad para movimientos en masa corresponde a la establecida por Cantillo (1998) denominada “Propuesta metodológica para la evaluación de riesgos por remoción en masa a escala local”, Universidad de los Andes (Colombia) la cual contiene criterios y conceptos enunciados por Millán (1998) en su documento “Lineamientos metodológicos para la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa”, Universidad Nacional (Colombia).

Figura 8

Metodología por fenómenos de movimientos en masa Cantillo (1998)

FACTOR	DESCRIPCIÓN	PESO (%)
RELIEVE	Mapa de pendientes	30
TIPO DE MATERIALES	Mapa Geológico	15
PROCESOS DEGRADACIONALES EXISTENTES	Inventario de Deslizamientos	20
GRADO Y DISTRIBUCIÓN DE DRENAJES	Mapa de Cuencas	10
SUSCEPTIBILIDAD POR CAMBIOS DE LA COBERTURA	Mapa de Vegetación	10
SUSCEPTIBILIDAD POR EFECTOS ANTRÓPICOS	Mapa de Usos del Suelo	15

Fuente: (Guerrero, 2020)

Por otra parte, para la zonificación de susceptibilidad por incendios forestales se optó por la metodología del IDEAM, ajustada a escala 1:25.000 por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER (2019), en donde la susceptibilidad está definida por tres factores clave de las coberturas presentes en el municipio: tipo de combustible, duración del combustible y carga total del combustible.

2. Recopilación, validación, comparación y selección de los datos para llevar a cabo el procesamiento de información: Una vez identificadas las metodologías correspondientes para la generación de productos en la gestión de riesgos de desastres en ambos eventos seleccionados, se recopiló, cotejó y seleccionó datos sobre pendientes del terreno, coberturas de la tierra, geología, drenajes, usos del suelo e inventario de eventos como insumo para llevar a cabo los procedimientos y técnicas requeridas, teniendo en cuenta la fecha de generación, tipo de formato del archivo, completitud para la zona de estudio, interoperabilidad, escala de representación y competencia de la entidad administradora de la información.

Tabla 2

Fuentes de obtención de información secundaria

Ítem	Entidad	Sitio Web
1	Unidad Nacional De Gestión De Riesgo De Desastres - UNGRD	Consolidado anual de emergencias
2	DesInventar - UNDRR	Inventario de eventos
3	Sistema de Información sobre Incendios para la Gestión De Recursos (FIRMS) - NASA	Inventario incendios forestales
4	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	Datos abiertos IGAC Geoportal Colombia en Mapas Atlas de Colombia

Ítem	Entidad	Sitio Web
5	Servicio Geológico Colombiano - SGC	Geoportal del SGC Sistema de información de movimientos en masa - SIMMA Mapa geológico de Colombia Sistema integrado de información geocientífica - SIIG Portal de datos abiertos SGC
6	Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales - IDEAM	Datos abiertos geográficos Galería de mapas y datos abiertos Geoportal IDEAM
7	Departamento Administrativo Nacional De Estadística - DANE	Estadísticas de demografía y población Proyecciones de población Geoportal de proyecciones de viviendas, hogares y población Geoportal del Marco Geoestadístico Nacional MGN 2023
8	Departamento Nacional De Planeación - DNP	Terridata Sistema de planeación territorial - SISPT Portal territorial de Colombia - Kit de planeación territorial KPT
9	Mapas y estadísticas Cundinamarca	Datos abiertos Cundinamarca Mapas y Estadísticas
10	Infraestructura Colombiana De Datos Espaciales - ICDE	Datos abiertos ICDE
11	Web en general	Notas periodísticas e informes relacionados con la gestión de riesgo de desastres en la zona de estudio

Posteriormente, se estructuró la información recolectada en dos tipos de información: descriptiva e información geoespacial, obtenida a partir de las fuentes anteriormente relacionadas

en donde se obtuvo tipos de archivo plano (texto) y archivos geoespaciales (vectorial y ráster); así mismo, se indagó sobre el histórico de eventos de movimientos en masa e incendios forestales. A continuación, se relaciona la información secundaria obtenida:

Tabla 3

Información secundaria obtenida

Insumo	Año publicación - recolección	Tipo de archivo	Fuente
Inventario de movimiento en masa	2024	SHAPE	SGC
Inventario de movimiento en masa e incendio	2024	TEXTO	DesInventar
Inventario de movimiento en masa e incendio	2024	TEXTO	UNGRD
Modelo Digital de Elevación DEM 10 metros	2022	TIFF	IGAC
Usos del suelo	2017	SHAPE	IGAC
Cartografía escala 1:10.000	2023	GDB	IGAC
Geología	2023	GDB	SGC
Coberturas de la Tierra	2020	SHAPE	IDEAM
Registro de incendios Septiembre 2010	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Julio 2011	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2011	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Febrero 2012	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Marzo 2012	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Agosto 2012	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Julio 2013	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Agosto 2013	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2013	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Octubre 2013	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Diciembre 2013	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Enero 2014	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Febrero 2014	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Agosto 2014	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2014	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Enero 2015	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Febrero 2015	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Mayo 2015	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Julio 2015	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2015	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Octubre 2015	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Diciembre 2015	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Julio 2016	2024	TIFF	NASA -FIRMS

Insumo	Año publicación - recolección	Tipo de archivo	Fuente
Registro de incendios Agosto 2017	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2017	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Marzo 2018	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Agosto 2018	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Mayo 2019	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Julio 2019	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2019	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Marzo 2020	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Agosto 2020	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Octubre 2020	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Abril 2021	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2022	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Abril 2023	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Marzo 2024	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Agosto 2024	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Registro de incendios Septiembre 2024	2024	TIFF	NASA -FIRMS
Material periodístico - Noticias en la Web	2024	TEXTO	WEB

3. Tratamiento y procesamiento de datos: En esta fase se realizó los procedimientos y técnicas de análisis espacial y geoestadísticos mediante el software ArcGIS PRO a partir de diversas herramientas como la generación de mapas de calor, mapas de pendientes, zonas de influencia, algebra de mapas, superposición e intersección de capas y calculadora de atributos.

4. Generación de productos: Seguidamente se consolidaron los resultados en un modelo de base de datos espaciales GDB y se generó la cartografía temática correspondiente con los elementos básicos de un mapa.

5. Análisis de resultados: Grado de influencia de cada nivel de susceptibilidad por movimientos en masa e incendios forestales de acuerdo con el área espacial de la zonificación.

6. Presentación de resultados: Por último, se generó los mapas correspondientes a la cartografía temática (salidas gráficas) e informe, el cual corresponde al presente documento.

8. Resultados

Para efectos de clasificar el nivel de susceptibilidad en las diferentes variables se tomó como insumo la encontrada comúnmente en los textos de referencia:

Tabla 4

Escala de clasificación de la susceptibilidad

Valor	Descripción
0	Sin susceptibilidad
1	Muy baja
2	Baja
3	Moderada
4	Alta
5	Muy Alta

Fuente: Adaptado de (IDEAM, 2011)

8.1 Movimientos en masa

Pendientes: Para el desarrollo del mapa de pendientes con el fin de identificar las características de inclinación y estabilidad del terreno, se tuvo presente como insumo el modelo digital de elevación con una resolución de 10 metros dispuesto en la plataforma de Colombia en mapas administrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). A partir del modelo se calcularon las pendientes en grados y de acuerdo con la clasificación de los rangos de pendientes por el SGC, se establece la clasificación de la susceptibilidad así:

Tabla 5

Susceptibilidad por pendiente para eventos de movimientos en masa

Rango en grados °	Descripción	Susceptibilidad
0-4	Plano o suavemente inclinado	Muy baja
4-8	Inclinado	Baja

Rango en grados °	Descripción	Susceptibilidad
8-16	Moderadamente abrupto	Moderada
16-35	Abrupto	Alta
>35	Muy abrupto	Muy alta

Fuente: Adaptado de (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2017)

Para la categorización de las pendientes del municipio, se adoptaron los rangos establecidos en la “*Guía metodológica para la zonificación de la amenaza por movimientos en masa, a escala 1:25.000*”, del Servicio Geológico Colombiano, donde se establecieron terrenos con inclinaciones inferiores al 4°, correspondientes a zonas de pendiente suave clasificadas con una susceptibilidad muy baja. En terrenos con inclinaciones entre el 4° y 8°, se estableció una susceptibilidad baja, ya que en estas áreas aumenta la probabilidad de desarrollarse procesos erosivos con baja frecuencia. En zonas con pendientes del 8° a 16°, donde los movimientos en masa son más abruptos y existe una mayor probabilidad de deslizamientos, erosión laminar y surcos, la susceptibilidad se clasificó como moderada. En las áreas con alta susceptibilidad, se consideró el rango de pendiente entre 16° y 35°, caracterizado por procesos erosivos intensos, lo que incrementa que ocurran movimientos en masa en la zona. Finalmente, en zonas con pendientes superiores a 35°, la susceptibilidad se clasificó como muy alta, debido a la presencia de afloramientos rocosos, rodamiento de rocas, erosión severa y depósitos granulares caóticos de baja densidad.

Tabla 6

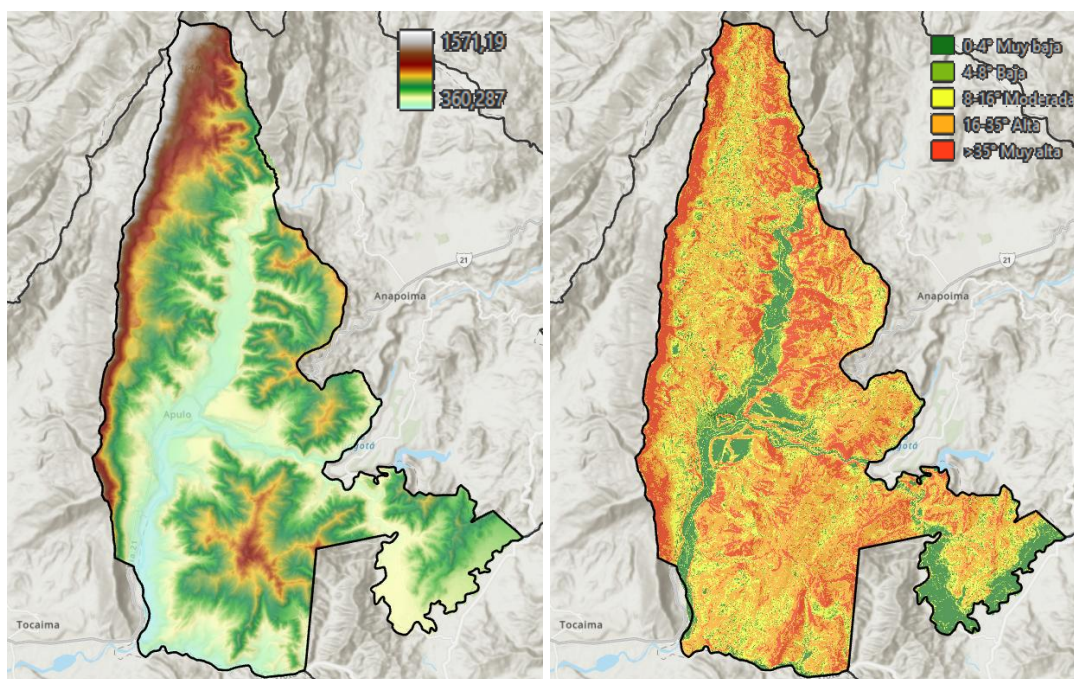
Distribución de susceptibilidad por pendiente para movimientos en masa

Porcentaje %	Susceptibilidad
10.48	Muy baja
7.59	Baja
17.63	Moderada
43.99	Alta
20.31	Muy alta

De acuerdo con las pendientes, se tiene que el 43.99% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad alta, el 20.31% con susceptibilidad muy alta y el 17.63% con susceptibilidad moderada.

Figura 9

Modelo digital de elevación (izquierda) y susceptibilidad (derecha)



Fuente: (IGAC, 2022)

Inventario de eventos: Para la identificación y recopilación de los eventos de movimiento en masa se tuvo en cuenta varias fuentes oficiales de consulta, es así, que se tomó el inventario reportado por el SGC, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD); además, se tomaron los registros de la plataforma DesInventar siendo almacenados todos los 17 registros encontrados de eventos en la geodatabase generada sobre el inventario de los eventos históricos a partir de dicha información. Mediante el cálculo de densidad de los eventos registrados de movimientos en masa en el municipio utilizando software SIG, se generó el mapa de calor correspondiente a la susceptibilidad respecto al inventario de eventos ocurridos.

Figura 10

Susceptibilidad por densidad de inventario de eventos de movimientos en masa

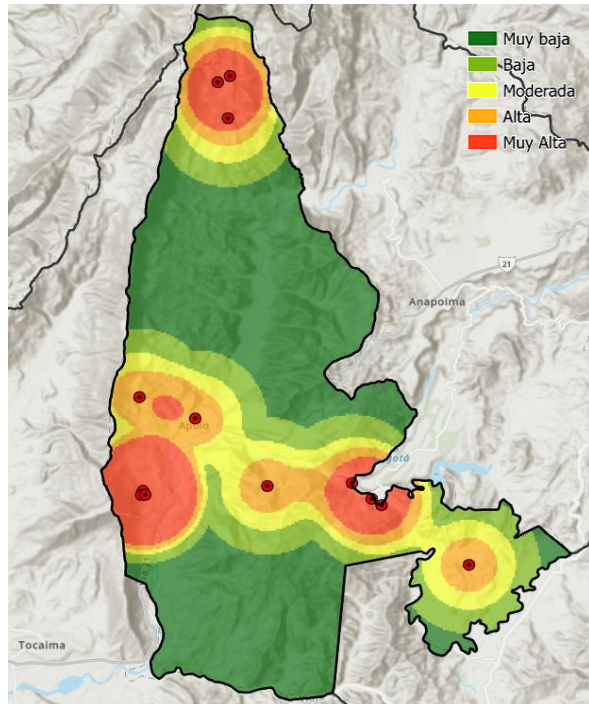


Tabla 7

Distribución de susceptibilidad por inventario de eventos de movimientos en masa

Porcentaje %	Susceptibilidad
48.21	Muy baja
15.58	Baja
12.38	Moderada
12.13	Alta
11.71	Muy alta

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2024) / (UNGRD, 2024a) / (UNDRR, 2024)

De acuerdo con los inventarios de sucesos históricos que han sucedido se tiene que el 48.21% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad muy baja, el 15.58% con una susceptibilidad baja y el 12.38% con una susceptibilidad moderada; sin embargo, es importante tener presente que estos sucesos han ocurrido sobre la zona de la cabecera municipal siendo el lugar donde más se concentra infraestructura y habitantes por metro cuadrado.

Geología: La información de geología del país es fundamental para identificar características del subsuelo y procesos geológicos que influyen en la susceptibilidad de las zonas donde se presentan eventos de movimiento en masa, así mismo permite que pueda evaluar la vulnerabilidad de la ubicación de la población e infraestructura, es así que los datos fueron extraídos del SGC como entidad encargada de la investigación del subsuelo y liderar la generación de mapas geológicos mediante el levantamientos y análisis de datos. Con la

información espacial proporcionada, se categorizaron las unidades geológicas del municipio de Apulo en cinco clases teniendo en cuenta las características de los materiales presentes en cada unidad.

En el caso de las unidades geológicas compuestas por materiales como sílice, cherts, cuarzo-arenitas, arenitas líticas, conglomerados gradados y calizas arrecifales, se asignó una clasificación de 3, esto se debe a que la combinación de estos materiales confiere al suelo propiedades que aumentan la susceptibilidad a movimientos en masa. La presencia de sílice, un material especialmente susceptible se ve contrarrestada en parte por la estabilidad del Chert, de este modo, se establece una clasificación de 3 (F.G Bell, 2007). Las unidades geológicas compuestas por shales, calizas, arenitas, cherts y fosforitas presentan una mayor susceptibilidad a los movimientos en masa, ya que estas combinaciones pueden generar condiciones variables que favorecen los deslizamientos e incrementan la inestabilidad del terreno, con un nivel 4 en la escala de susceptibilidad (D.J Varnes, 1978).

Tabla 8

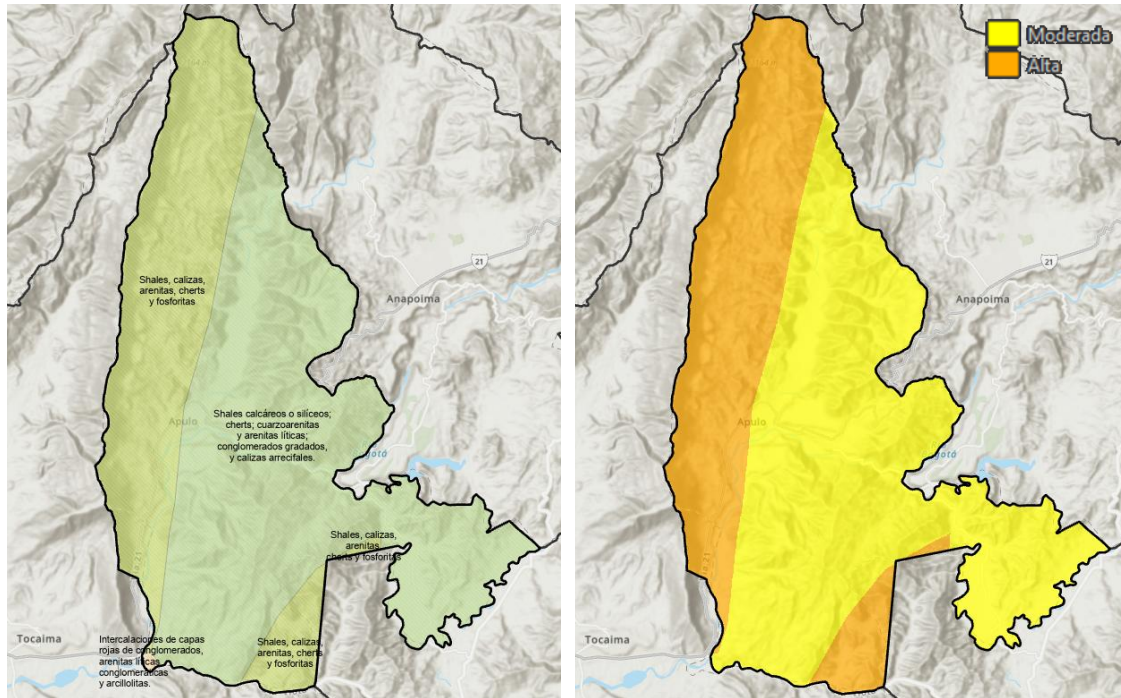
Susceptibilidad por geología para eventos de movimientos en masa

Geología (Tipo de materiales)	Susceptibilidad
Shales calcáreos o silíceos; cherts; cuarzoarenitas y arenitas líticas; conglomerados gradados, y calizas arrecifales.	Moderada
Intercalaciones de capas rojas de conglomerados, arenitas líticas conglomeráticas y arcillolitas.	Moderada
Shales, calizas, arenitas, cherts y fosforitas	Alta

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2023)

Figura 11

Geología (izquierda) y susceptibilidad (derecha)



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2023)

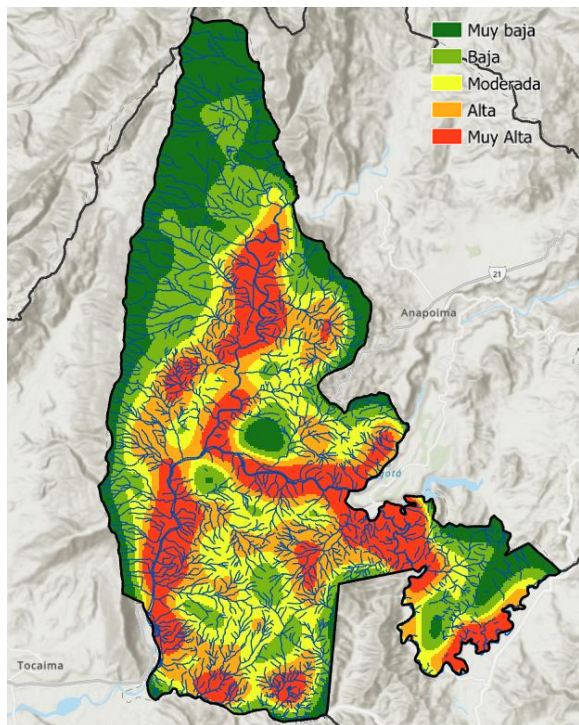
De acuerdo con la geología se tiene que el 62.64% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad moderada; mientras que el área restante cuenta con una susceptibilidad alta.

Tabla 9

Distribución de susceptibilidad por geología para movimientos en masa

Porcentaje %	Susceptibilidad
62.64	Moderada
37.36	Alta

Hidrología: La hidrología es un factor clave en la estabilidad del terreno, debido a que, según la cantidad de drenajes presentes y fuerza de arrastre natural de los cuerpos de agua, aumentan la probabilidad de procesos erosivos en el suelo, por lo que se utilizó la información de drenajes dobles y sencillos contenida en la cartografía del municipio publicada por el IGAC, llevando a cabo un mapa de calor para identificar zonas con mayor densidad de drenajes.

Figura 12*Susceptibilidad por densidad de drenajes***Tabla 10**

Distribución de susceptibilidad por hidrología para movimientos en masa

Porcentaje %	Susceptibilidad
20.17	Muy baja
20.18	Baja
19.65	Moderada
20.34	Alta
19.66	Muy alta

Fuente: (IGAC, 2024)

De acuerdo con la presencia de drenajes se tiene que el 20.34% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad alta, esencialmente en las zonas de drenajes dobles mientras que el restante de área se distribuye similarmente en las demás categorías.

Coberturas de la Tierra: Por medio de las coberturas presentes de la superficie terrestre se puede determinar el grado de estabilidad del suelo de acuerdo con la vegetación, la cual influye en la capacidad de infiltración del agua y erosión del suelo como detonantes en la remoción en masa. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) como entidad oficial para el estudio de las coberturas de la tierra según metodología Corine Land Cover CLC (IDEAM, 2024) proporciona esta información geoespacial, y que según lo establecido en la siguiente tabla por Henao y Hernández (2024), se determinó la clasificación de la susceptibilidad:

Tabla 11

Susceptibilidad según coberturas de la tierra CLC nivel 2

Cobertura de la tierra	Zona Urbanizada	1
	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1
	Zonas de extracción minera	1
	Pastos	5
	Cultivos permanentes	5
	Bosques	2
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3
	Áreas agrícolas heterogéneas	4
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	5
	Aguas continentales	0

Fuente: (Henao & Hernández, 2024)

Para las coberturas urbanas, zonas recreativas y zonas de extracción minera se asignó una clasificación de susceptibilidad de 1. Las coberturas con características de bosque fueron clasificadas con un valor de 2, ya que, si bien permiten la infiltración de agua, esta no es considerable. Las áreas con vegetación secundaria y alta recibieron una clasificación de 3. Las coberturas con áreas agrícolas heterogéneas como mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales fueron clasificadas con un valor de 4; mientras que los cultivos permanentes y pastos recibieron una clasificación de 5, debido a que sus sistemas radiculares poco profundos favorecen una mayor infiltración, lo que resulta en suelos con alta saturación hídrica y una mayor susceptibilidad a la erosión y movimientos en masa del terreno. (Henao & Hernández, 2024)

Tabla 12

Susceptibilidad según cobertura para eventos de movimientos en masa

Cobertura CLC Nivel 2	Susceptibilidad
1.1. Zonas urbanizadas	Muy baja
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	Muy baja
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	Muy baja
2.2. Cultivos permanentes	Muy alta

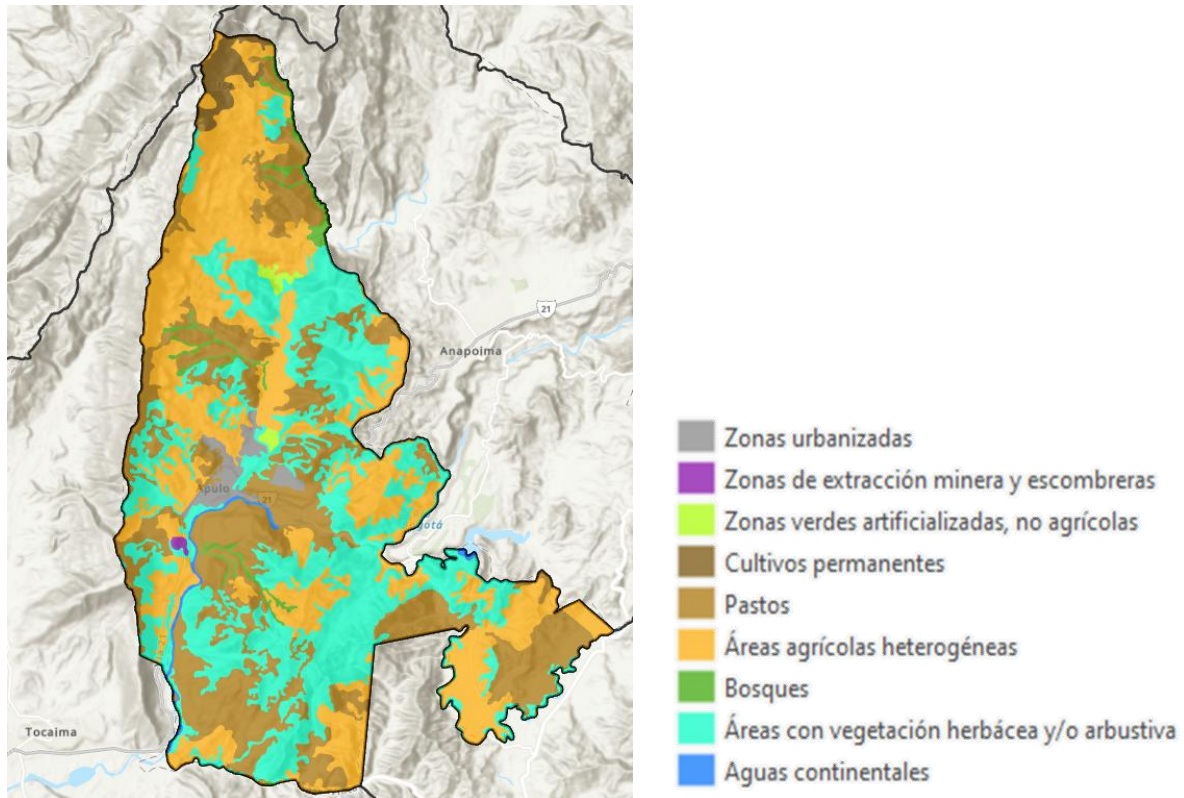
Cobertura CLC Nivel 2	Susceptibilidad
2.3. Pastos	Muy alta
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Alta
3.1. Bosques	Baja
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Moderada
5.1. Aguas continentales	Sin susceptibilidad

Fuente: (IDEAM, 2020)

A continuación, se relaciona las coberturas presentes en el municipio, información la cual es utilizada también para la zonificación de susceptibilidad por incendios forestales:

Figura 13

Coberturas de la tierra según leyenda Corine Land Cover nivel 2



Fuente: (IDEAM, 2020)

De acuerdo las coberturas de la tierra se tienen que el 33.38% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad alta; 31.74% susceptibilidad moderada y el 30.35% con una susceptibilidad alta.

Figura 14

Susceptibilidad según Coberturas de acuerdo con datos Corine Land Cover nivel 2

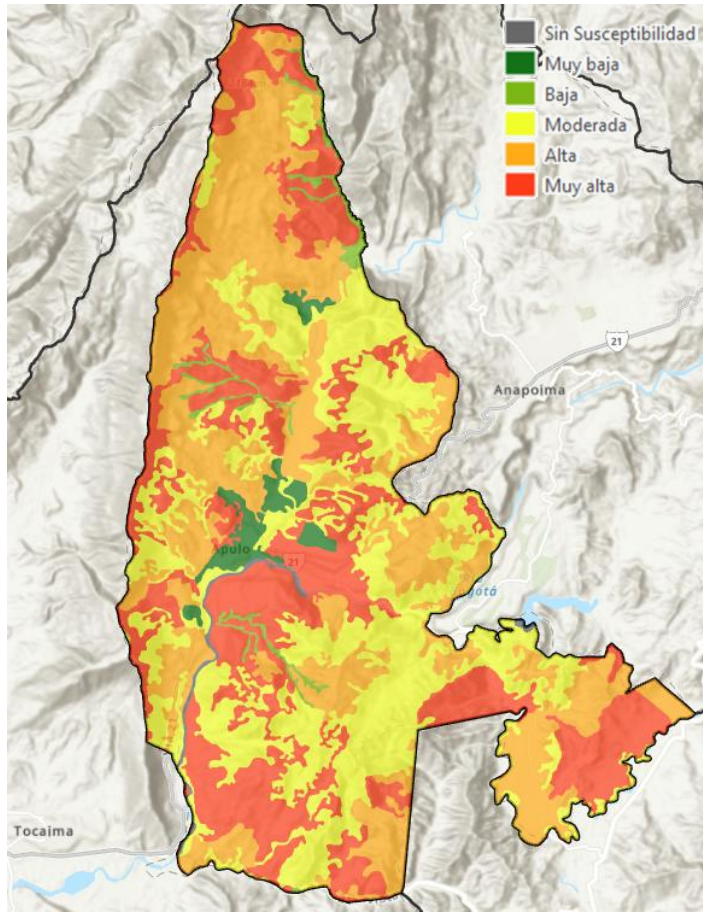


Tabla 13

Distribución de susceptibilidad por cobertura para movimientos en masa

Porcentaje %	Susceptibilidad
0.55	Sin susceptibilidad
2.29	Muy baja
1.69	Baja
31.74	Moderada
33.38	Alta
30.35	Muy Alta

Usos del suelo: El uso del suelo es un factor clave para determinar la susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa, ya que actividades como la agricultura, la urbanización y la minería pueden alterar la estabilidad del terreno, modificando los drenajes y aumentando los procesos de erosión. Para ello se utilizó la información proporcionada por el IGAC, identificando ocho tipos de uso de suelo en el área de estudio, destacándose las áreas de vocación forestal.

Por otro lado, la clasificación de susceptibilidad más alta corresponde a los relacionados con la agricultura y la forestería, ya que tienen una mayor incidencia en los eventos de remoción en masa; en este sentido, los cultivos transitorios, semipermanentes y los cultivos intensivos son responsables de la degradación de las laderas debido a la intervención humana.

En contraste, las áreas de uso forestal y los cuerpos de agua recibieron una clasificación de 1, dado su menor impacto en la estabilidad del terreno (Bautista & Luna, 2019).

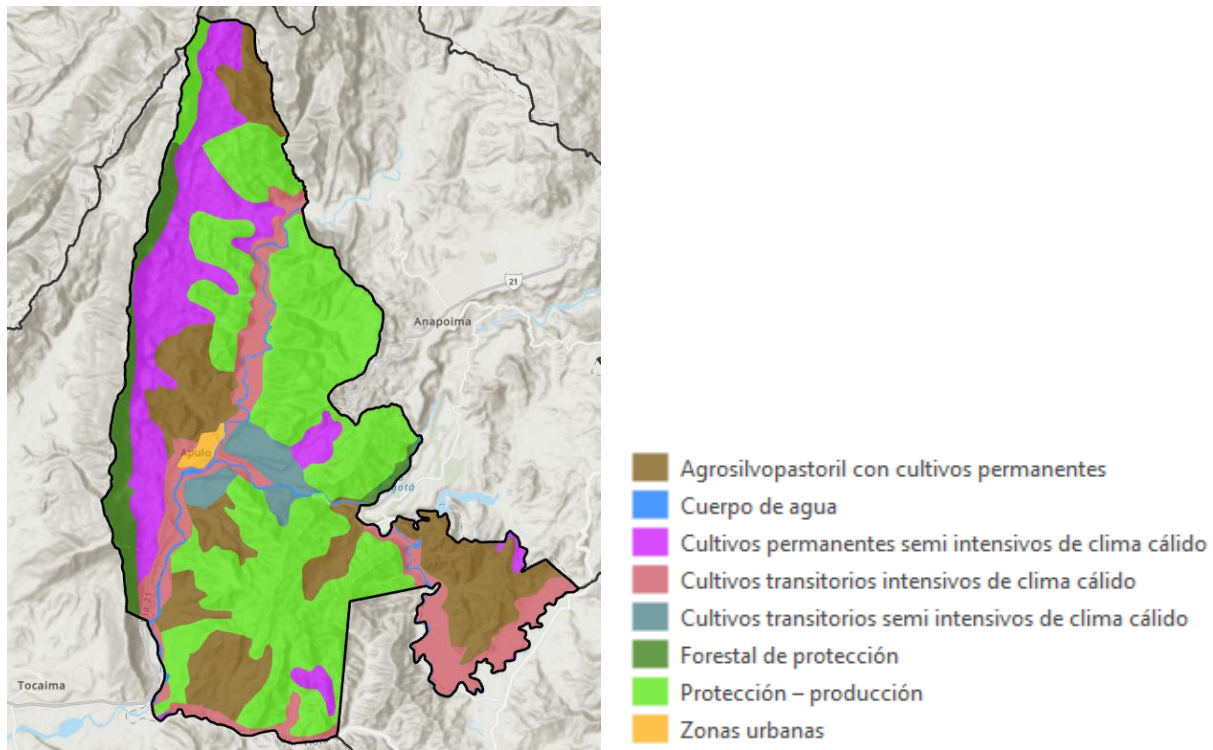
Tabla 14

Susceptibilidad según uso del suelo para eventos de movimientos en masa

Uso del Suelo	Susceptibilidad
Cuerpo de agua	Muy baja
Forestal de protección	Muy baja
Zonas urbanas	Baja
Protección – producción	Moderada
Cultivos transitorios semi intensivos de clima cálido	Alta
Agrosilvopastoril con cultivos permanentes	Muy alta
Cultivos permanentes semi intensivos de clima cálido	Muy alta
Cultivos transitorios intensivos de clima cálido	Muy alta

Figura 15

Usos del suelo



Fuente: (IGAC, 2024)

De acuerdo con el uso del suelo se tienen que el 48.72% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad muy alta; 41.26% susceptibilidad moderada y el restante de área con susceptibilidad muy baja, alta y baja, en orden descendente.

Figura 16

Susceptibilidad por usos del suelo

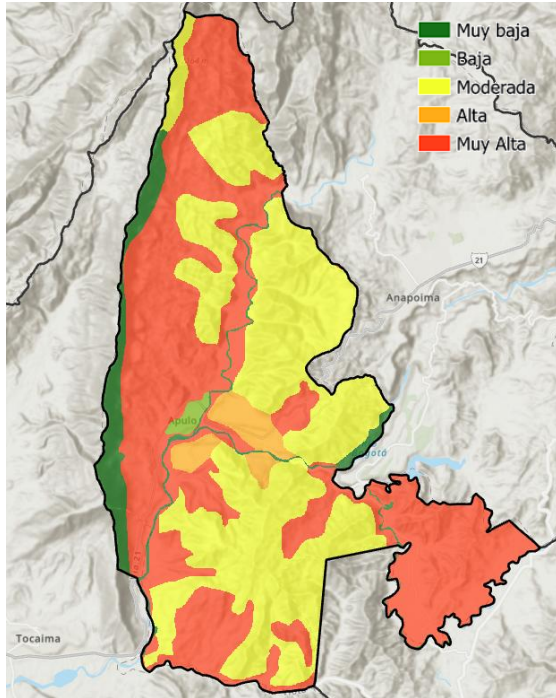


Tabla 15

Distribución de susceptibilidad por uso del suelo para movimientos en masa

Porcentaje %	Susceptibilidad
6.17	Muy baja
0.59	Baja
41.26	Moderada
3.25	Alta
48.72	Muy Alta

Mapa de susceptibilidad: Una vez clasificadas todas las variables de acuerdo con el nivel de susceptibilidad, se genera el mapa correspondiente de acuerdo con la ponderación establecida en la metodología: Pendientes (30%), geología (15%), inventario de eventos (20%), hidrología (10%), coberturas de la tierra (10%) y usos del suelo (15%).

Figura 17

Ecuación para la generación del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa

$$Smm = (Sp * 0.3) + (Sg * 0.15) + (Sie * 0.20) + (Sh * 0.10) + (Sc * 0.10) + (Su * 0.15)$$

Donde:

Smm: Susceptibilidad por movimientos en masa

Sp: Susceptibilidad por pendiente

Sg: Susceptibilidad por geología

Sie: Susceptibilidad por inventario de eventos

Sh: Susceptibilidad por hidrología

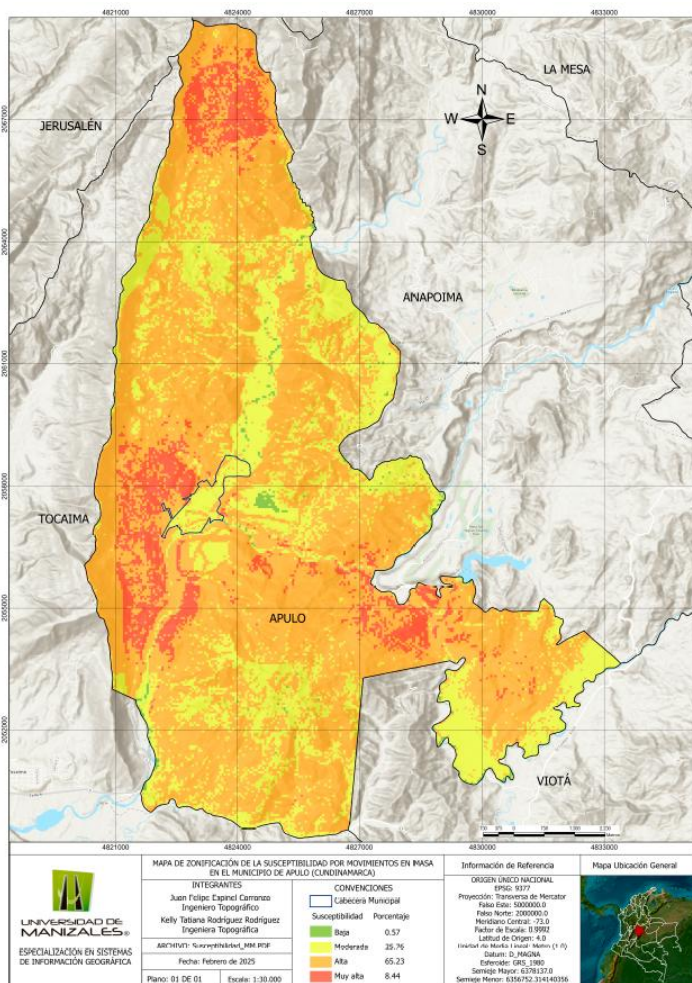
Sc: Susceptibilidad por cobertura

Su: Susceptibilidad por uso del suelo

Dando como resultado que por movimientos en masa que el 65.23% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad alta, 25.76% moderada, 8.44% muy alta y 0.57% baja.

Figura 18

Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, Apulo (Cundinamarca)

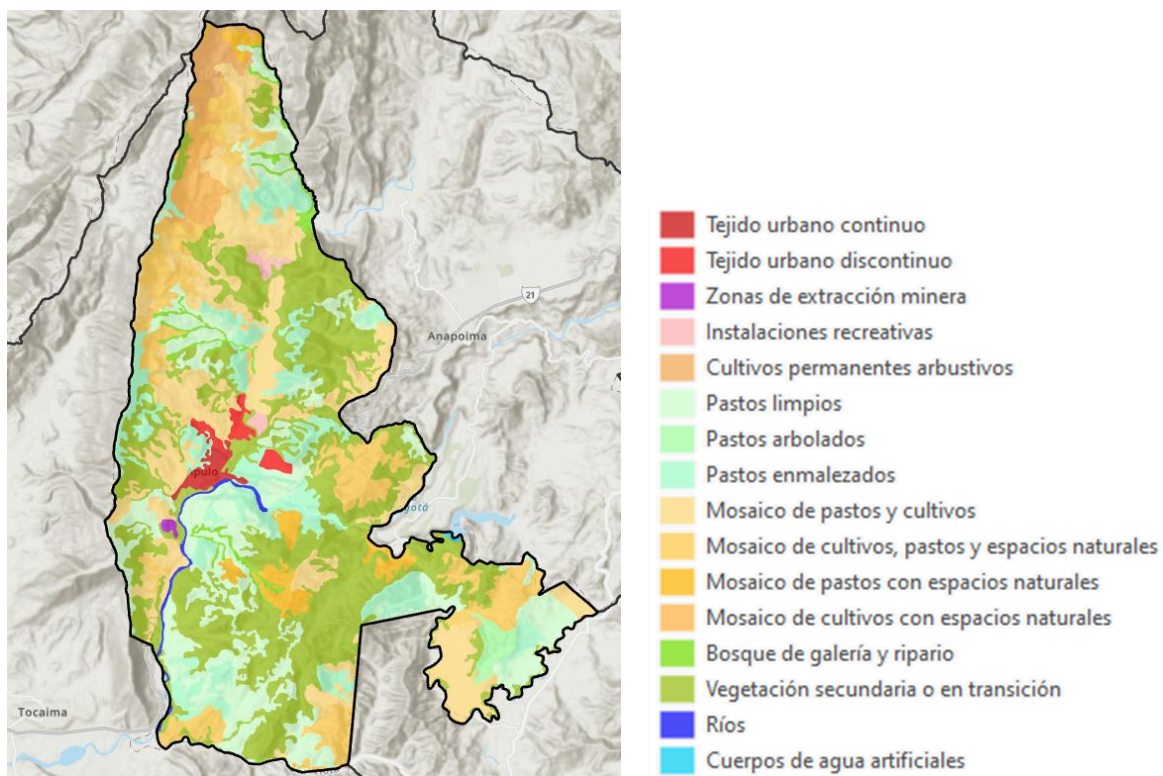


8.2 Incendios forestales

Frente a incendios forestales el tipo de cobertura presentes son claves en la generación y velocidad de propagación del fuego, por lo cual, se tomó la información de coberturas en leyenda Corine Land Cover publicada por el IDEAM como entidad oficial para el estudio de las coberturas de la tierra y su interacción en los ecosistemas (IDEAM, 2024), para ello se utilizó la misma capa espacial relacionada anteriormente para los eventos de movimientos en masa con un nivel 3 de clasificación Corine Land Cover.

Figura 19

Coberturas de la tierra según leyenda Corine Land Cover nivel 3



Fuente: (IDEAM, 2020)

La metodología empleada corresponde en base a la realizada por el IDIGER (2019) el cual parte de la metodología del IDEAM, teniendo en cuenta el tipo, duración y carga total del combustible:

Tabla 16

Tipo de combustible predominante de acuerdo con la cobertura Corine Land Cover nivel 3

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	TIPO DE COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
2.3.1. Pastos limpios	Pastos
2.3.3. Pastos enmalezados	Pastos/hierbas
2.4.1. Mosaico de cultivos	Hierbas
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Pastos/hierbas
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Pastos/hierbas/arbustos/árboles
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Pastos/hierbas/arbustos/árboles
3.1.1. Bosque denso	Árboles
3.1.2. Bosque abierto	Arboles/arbustos
3.1.3. Bosque fragmentado	Árboles/arbustos/hierbas
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Árboles/arbustos
3.2.1. Herbazal	Hierbas
3.2.2. Arbustal	Arbustos
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles
4.1.1. Zonas pantanosas	Hierbas
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles

Fuente: (IDEAM, 2011)

Tipo de combustible: Este factor se refiere a la facilidad de ignición de la cobertura.

Tabla 17

Clasificación de susceptibilidad por tipo de combustible

Tipo de Combustible	Susceptibilidad	Clasificación
Arboles	Baja	2
Árboles y arbustos	Moderada	3
Arbustos	Alta	4
Hierbas	Alta	4
Pastos/hierbas	Muy alta	5
Pastos	Muy alta	5
No combustibles	Muy baja	1
Áreas urbanas	Muy baja	1

Fuente: (IDIGER, 2019)

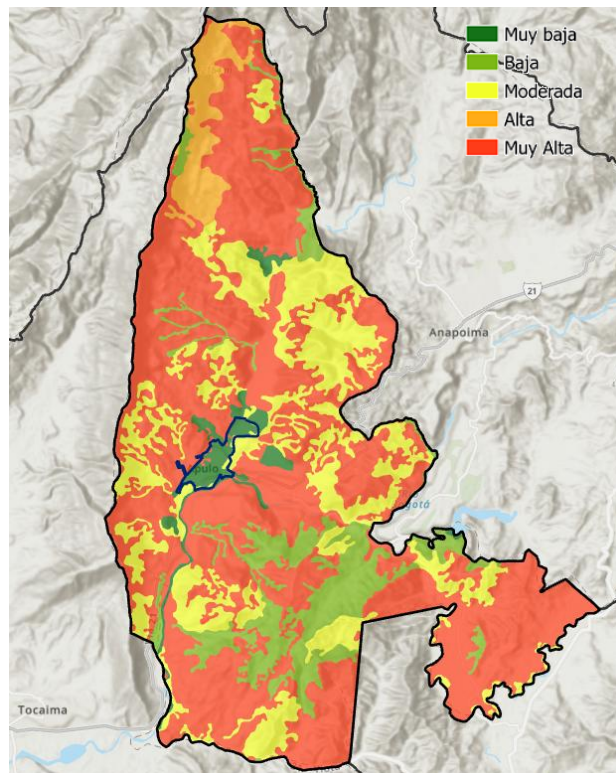
Según la tabla anterior se procede a asignar el valor de susceptibilidad a cada tipo de cobertura presente en el municipio para posteriormente generar el mapa de susceptibilidad respectivo por tipo de combustible:

Tabla 18*Susceptibilidad por tipo de combustible para incendios forestales*

Cobertura	Susceptibilidad
1.1.1. Tejido urbano continuo	Muy baja
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Muy baja
1.3.1. Zonas de extracción minera	Muy baja
1.4.2. Instalaciones recreativas	Muy baja
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	Alta
2.3.1. Pastos limpios	Muy alta
2.3.2. Pastos arbolados	Muy alta
2.3.3. Pastos enmalezados	Muy alta
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Muy alta
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Muy alta
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Muy alta
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	Alta
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Baja
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Baja
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Moderada
5.1.1. Ríos	Muy baja
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Muy baja

Fuente: (IDEAM, 2020)

De acuerdo con el tipo de combustible se tiene que el municipio cuenta con una susceptibilidad muy alta en el 59.86% de su área, 22.02% susceptibilidad moderada y 11.41% susceptibilidad baja.

Figura 20*Susceptibilidad por tipo de combustible***Tabla 19***Distribución de susceptibilidad por tipo de combustible*

Porcentaje %	Susceptibilidad
2.84	Muy baja
11.41	Baja
22.02	Moderada
3.88	Alta
59.86	Muy alta

Duración del combustible: Corresponde a las horas de ignición de las coberturas, mediante las siguientes tablas de referencia para establecer la clasificación de susceptibilidad:

Tabla 20*Duración del combustible según cobertura Corine Land Cover nivel 3*

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	DURACIÓN DEL COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles
3.1.1. Bosque denso	10 horas
3.1.3. Bosque fragmentado	100 horas
3.1.4. Bosque de galería y ripario	100 horas
3.1.1. Bosque denso	100 horas
3.1.3. Bosque fragmentado	100 horas
3.2.2. Arbustal	100 horas
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1 hora
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1 hora
2.4.1. Mosaico de cultivos	10 horas
2.3.3. Pastos enmalezados	1 hora
2.3.1. Pastos limpios	1 hora
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	DURACIÓN DEL COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
3.2.1. Herbazal	10 horas
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles

Fuente: (IDIGER, 2019)

Tabla 21

Clasificación de susceptibilidad por duración del combustible

Duración del combustible	Susceptibilidad	Clasificación
No combustibles	Muy baja	1
Áreas urbanas	Muy baja	1
100 horas (Predominio de árboles)	Baja	2
10 horas (Predominio de arbustos y hierbas)	Moderada	3
1 hora (Predominio de pastos)	Alta	4

Fuente: (IDIGER, 2019)

Según la tabla anterior se procede a asignar el valor de susceptibilidad a cada tipo de cobertura presente en el municipio para posteriormente generar el mapa de susceptibilidad:

Tabla 22

Susceptibilidad por duración del combustible para incendios forestales

Cobertura	Susceptibilidad
1.1.1. Tejido urbano continuo	Muy baja
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Muy baja
1.3.1. Zonas de extracción minera	Muy baja
1.4.2. Instalaciones recreativas	Muy baja
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	Alta
2.3.1. Pastos limpios	Alta
2.3.2. Pastos arbolados	Muy alta
2.3.3. Pastos enmalezados	Alta
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Alta
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Alta
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Alta
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	Alta
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Baja
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Muy alta
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Moderada

Cobertura	Susceptibilidad
5.1.1. Ríos	Muy baja
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Muy baja

Fuente: (IDEAM, 2020)

Figura 21

Susceptibilidad por duración del combustible

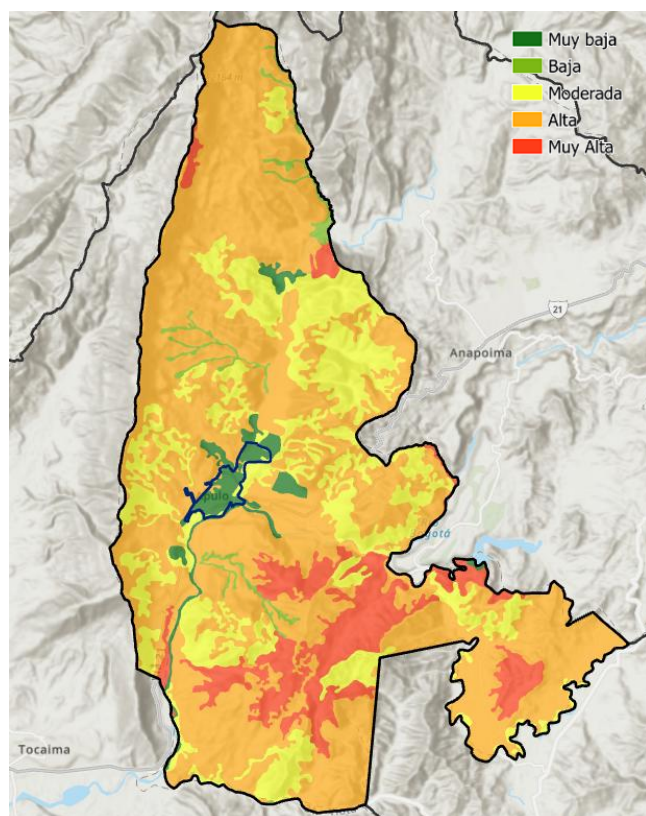


Tabla 23

Distribución de susceptibilidad por duración del combustible

Porcentaje %	Susceptibilidad
2.84	Muy baja
1.69	Baja
22.02	Moderada
62.83	Alta
10.63	Muy alta

De acuerdo con la duración del combustible se tiene que el municipio cuenta con una susceptibilidad alta en el 62.83% de su área, 22.02% moderada y 10.63% muy alta.

Carga total de combustibles: Para este factor se tiene en cuenta los valores aproximados de biomasa definida en toneladas por hectárea según la cobertura en leyenda CLC nivel 3, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 24*Carga total del combustible según cobertura Corine Land Cover nivel 3*

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	CARGA TOTAL (BIOMASA) DE COMBUSTIBLES
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles
3.1.1. Bosque denso	Moderada (50-100 ton/ha)
3.1.3. Bosque fragmentado	Muy alta (más de 100 ton/ha)
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Muy alta (más de 100 ton/ha)
3.1.1. Bosque denso	Muy alta (más de 100 ton/ha)
3.1.3. Bosque fragmentado	Muy alta (más de 100 ton/ha)
3.2.2. Arbustal	Muy alta (más de 100 ton/ha)
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Moderada (50-100 ton/ha)
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada (50-100 ton/ha)
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Moderada (50-100 ton/ha)
2.4.1. Mosaico de cultivos	Baja (1-50 ton/ha)
2.3.3. Pastos enmalezados	Baja (1-50 ton/ha)
2.3.1. Pastos limpios	Baja (1-50 ton/ha)
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada (50-100 ton/ha)
3.2.1. Herbazal	Baja (1-50 ton/ha)
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles

Fuente: (IDIGER, 2019)

En base a la carga total de la cobertura se clasifica el nivel de susceptibilidad de acuerdo con la siguiente tabla de referencia:

Tabla 25*Clasificación de susceptibilidad por carga total del combustible*

Carga total del combustible	Susceptibilidad	Clasificación
No combustibles	Muy baja	1
Áreas urbanas (menos de 1 Ton/Ha)	Muy baja	1
Baja (1-50 Ton/Ha)	Baja	2
Moderada (50 a 100 Ton/Ha)	Moderada	3
Muy alta (más de 100 Ton/Ha)	Alta	4

Fuente: (IDIGER, 2019)

De tal forma que las coberturas presentes se clasifican con la siguiente susceptibilidad:

Tabla 26*Susceptibilidad por carga total del combustible para incendios forestales*

Cobertura	Susceptibilidad
1.1.1. Tejido urbano continuo	Muy baja
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Muy baja
1.3.1. Zonas de extracción minera	Muy baja
1.4.2. Instalaciones recreativas	Muy baja
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	Moderada
2.3.1. Pastos limpios	Baja
2.3.2. Pastos arbolados	Alta
2.3.3. Pastos enmalezados	Moderada
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Moderada
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Moderada
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	Moderada
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Alta
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Alta
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Moderada
5.1.1. Ríos	Muy baja
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Muy baja

Fuente: (IDEAM, 2020)

Obteniendo como resultado el siguiente mapa de susceptibilidad:

Figura 22

Susceptibilidad por carga total del combustible

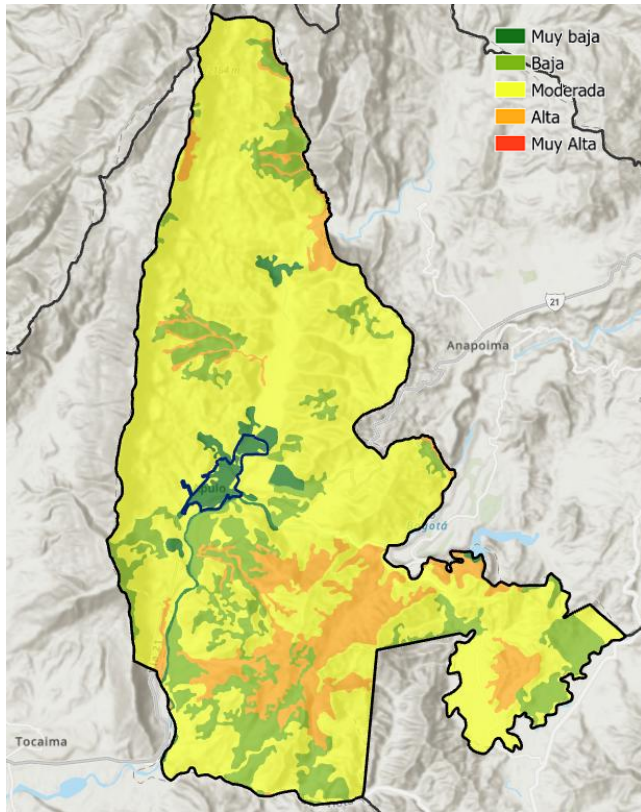


Tabla 27

Distribución de susceptibilidad por carga total del combustible

Porcentaje %	Susceptibilidad
2.84	Muy baja
16.39	Baja
68.46	Moderada
12.32	Alta
0	Muy alta

De acuerdo con la carga total del combustible se tiene que el 68.46% del área municipal tiene susceptibilidad moderada, 16.39% susceptibilidad baja y 12.32% susceptibilidad alta.

Mapa de susceptibilidad: Una vez clasificadas todas las variables de acuerdo con el nivel de susceptibilidad, se genera el mapa correspondiente según la siguiente ecuación:

$$Sif = \frac{Tc + Dc + Ct}{3}$$

Donde:

Sif: Susceptibilidad por incendios forestales

Tc: Tipo de combustible

Dc: Duración del combustible

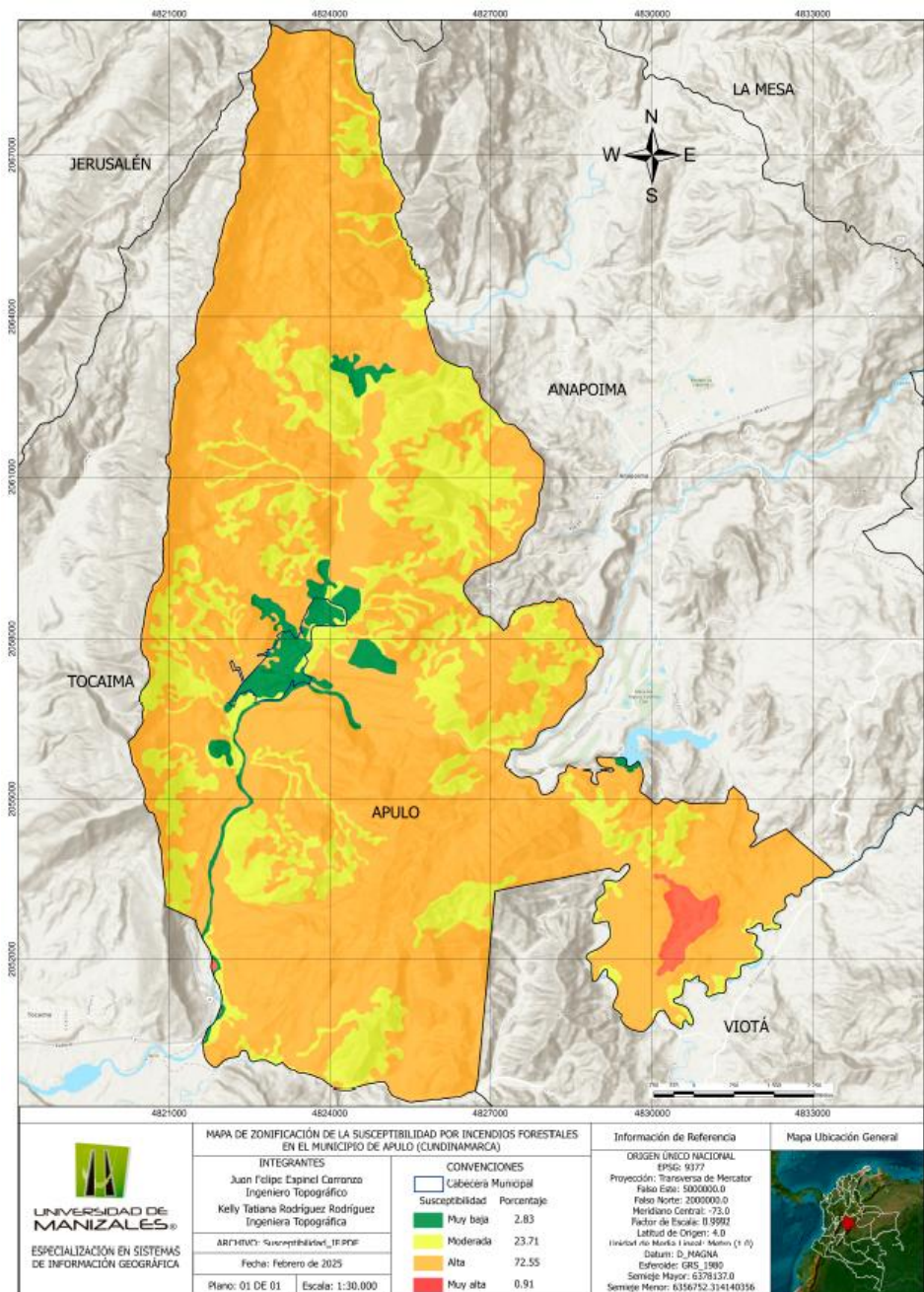
Ct: Carga total del combustible

Dando como resultado que por incendios forestales el 72.55% del área municipal se encuentra con una susceptibilidad alta, 23.71% moderada, 2.84% muy baja y 0.91% muy alta;

por lo tanto, es importante resaltar que la cabecera municipal se encuentra en una zona de susceptibilidad muy baja; no obstante, hay presencia de áreas con una susceptibilidad alta y moderada alrededor.

Figura 23

Mapa de susceptibilidad por incendios forestales, Apulo (Cundinamarca)



Inventario de eventos: Ahora bien, con el fin de complementar el mapa de susceptibilidad se compila el histórico de incendios forestales a partir del Sistema de Información sobre Incendios para la Gestión de Recursos (FIRMS) de la NASA, que realiza el monitoreo en tiempo real sobre incendios mediante sensores remotos MODIS y Landsat, recopilando 39 imágenes con registro mensual entre el año 2010 y 2024 donde ocurrieron incendios forestales (FIRMS - NASA, 2024). Adicionalmente, se tuvo en cuenta los reportes consignados en el consolidado anual de emergencias de la UNGRD y lo dispuesto en la plataforma DesInventar administrada por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), obteniendo 95 registros de eventos sobre incendios forestales sucedidos en el municipio, de los cuales 91 sucedieron desde el año 2012 de acuerdo con la compilación.

Figura 24

Inventario de incendios forestales

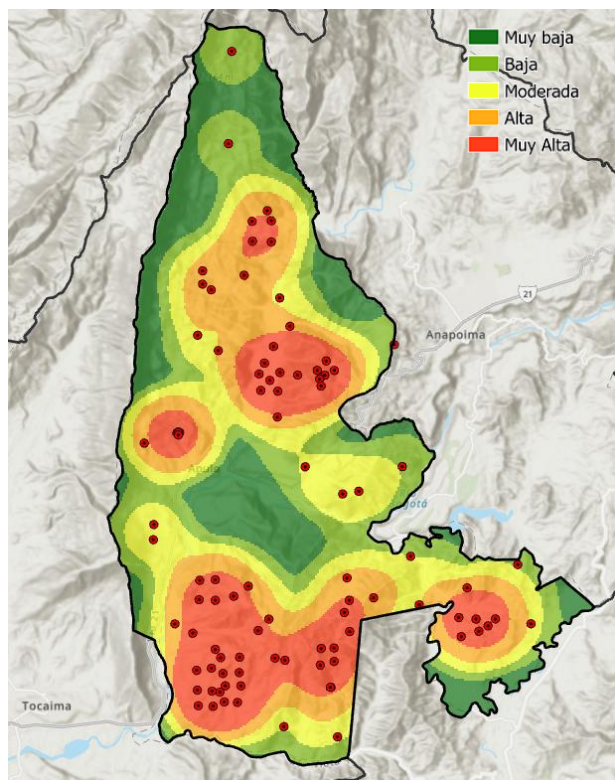


Tabla 28

Distribución de susceptibilidad por inventario de eventos de incendios forestales

Porcentaje %	Susceptibilidad
18.69	Muy baja
20.61	Baja
21.05	Moderada
19.96	Alta
19.68	Muy alta

Fuente: (FIRMS - NASA, 2024) /(UNGRD, 2024a) /(UNDRR, 2024)

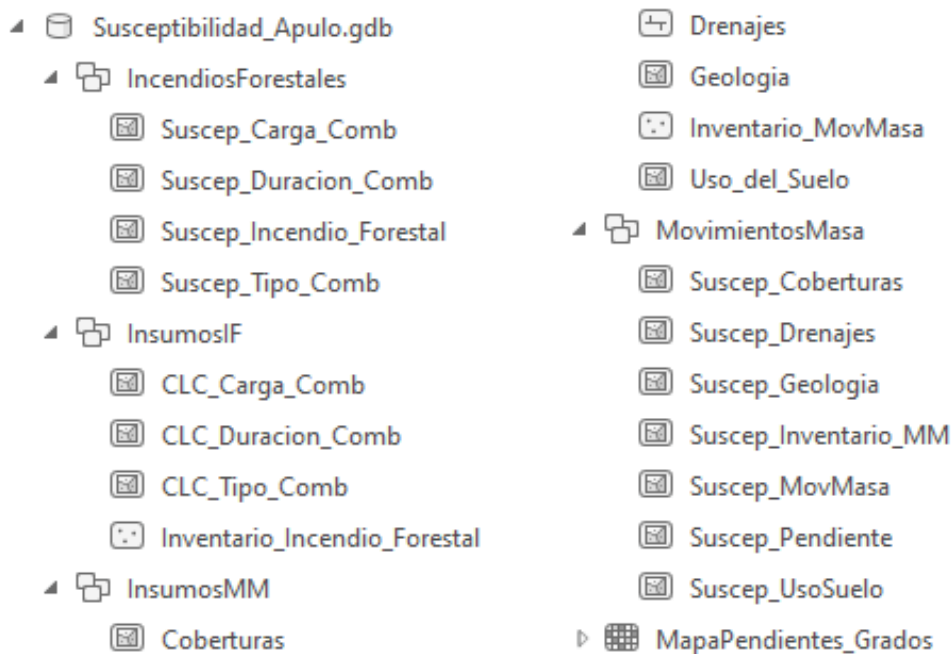
De acuerdo con el mapa de calor correspondiente al inventario de sucesos históricos de incendios forestales se tiene que el porcentaje de distribución de cada categoría tiene valores similares, es decir, aproximadamente el 20% para las 5 categorías. Ahora bien, observándose la distribución se identifica una mayor incidencia en la zona sur y centro del municipio.

8.3 Estructuración de GDB

Por último, se procede con la estructuración de la GDB de acuerdo con los insumos utilizados y los resultados obtenidos en cada una de las variables anteriormente relacionadas para ambos eventos, con un total de cuatro Feature Dataset entre los cuales están contenidos 20 Feature Class y un Raster Dataset, información la cual es un punto de partida en la identificación de la susceptibilidad en el municipio para movimientos en masa e incendios forestales:

Figura 25

Estructuración de Geodatabase GDB



9. Conclusiones

Es relevante resaltar la importancia de implementación de medidas para la gestión del riesgo y la evaluación de las áreas con muy alta, alta y moderada susceptibilidad que permitan desarrollar estrategias de prevención con el fin de mitigar las principales acciones e impactos que desencadenan eventos de movimientos en masa e incendios forestales para las zonas más vulnerables del municipio, ya que según los resultados obtenidos para movimientos en masa, el 73.67% del municipio presenta una clasificación entre alta y muy alta, de la cual el 8.44% corresponde a la categoría muy alta; mientras que el 25.76% está clasificada como susceptibilidad moderada. Ahora bien, respecto a los incendios forestales, el 73.46% del municipio se encuentra con una susceptibilidad entre alta y muy alta, de la cual solo el 0.91% corresponde a la clasificación muy alta; mientras que el 23.71% ese encuentra en categoría de susceptibilidad moderada.

Los impactos esperados con este proyecto se encuentran encaminados a que sean de utilidad para la administración municipal en el conocimiento de las áreas susceptibles a los eventos de movimientos en masa e incendios forestales y/o complementación de otros estudios similares o correlacionados con el presentado, en pro de plantear la implementación de políticas públicas de ordenamiento territorial que gestionen de manera efectiva la gestión de riesgos de desastres, enfocado en el subprograma “4.1.1 Gestión del territorio y urbanismo” definido en el plan de desarrollo municipal 2024-2027 en donde se pretende mejorar la planificación del territorio y fortalecer la gestión del riesgo de desastres en el municipio en aras de reducir la vulnerabilidad de la población y sus bienes frente a eventos como movimientos en masa e incendios forestales.

Así mismo el municipio dentro de su programa “4.5 *Preparados para lo inesperado*.” *Apulo gestiona el riesgo de desastres con previsión*” se tiene como meta de bienestar reducir en un 1.99% los puntos porcentuales del índice de riesgo de desastres en el municipio a través de metas de producto como actualizar e implementar un plan municipal de gestión del riesgo y la estrategia de respuesta ante emergencias durante el cuatrienio; así mismo, capacitar 1.600 personas en gestión de riesgo de desastres e implementar un sistema de alerta temprana en prevención a estos sucesos, lo cual es un punto de partida para fortalecer al municipio en materia de mitigación y respuesta.

El uso de los sistemas de información geográfica para la zonificación de la susceptibilidad en la gestión del riesgo, constituye un paso crucial para la planificación territorial del municipio de Apulo, como introducción a la planeación de acciones que permitan estudiar más detalladamente las zonas de mayor incidencia en la toma de decisiones informadas, por tanto, es importante que se adopte un enfoque de acciones que incluyan estrategias de mitigación, monitoreo y sensibilización que permita disminuir la susceptibilidad que tiene principalmente la población frente a estos eventos que representen riesgo en el bienestar de la ciudadanía, así mismo que sirva como punto de partida para profundizar investigaciones de las entidades responsables de la gestión del riesgo en la zona de estudio y lleve al diseño de políticas públicas en el municipio.

Cabe resaltar en la importancia de la articulación y trabajo interinstitucional de las entidades locales y gubernamentales a través de la implementación de los Planes Departamentales y Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres junto con el Plan Nacional de Contingencia (PGRD→PDGRD→PMGRD→PNC), con el fin de trabajar en el conocimiento, reducción y mitigación del riesgo; así como en la atención y respuesta ante estos eventos.

10. Recomendaciones

Para trabajos de zonificación de la susceptibilidad por movimiento en masa e incendios forestales, es importante tener en cuenta la verificación y actualización de los datos para el análisis, pues para este caso en el que se emplearon datos secundarios es clave que estos sean generados y publicados de fuentes oficiales, lo cual permite asegurar la confiabilidad de la información. Adicionalmente, se debe seleccionar las variables indicadas y su ponderación, con el fin de realizar el análisis espacial con herramientas SIG como superposición de capas, mapas de calor y álgebra de mapas, identificando las áreas con mayor susceptibilidad, con el objetivo que desde el ordenamiento territorial del municipio se puedan proyectar escenarios de expansión y uso del suelo considerando su caracterización geográfica en materia de gestión del riesgo.

Es importante resaltar que la cabecera municipal para eventos de movimientos en masa se encuentra en una zona de susceptibilidad principalmente moderada; no obstante se encuentran zonas cercanas de susceptibilidad muy alta y alta hacia el costado occidental, por lo tanto, es importante tomar medidas de mitigación y manejo para la reducción de la susceptibilidad en las zonas con mayor grado de incidencia mediante medidas estructurales como proyectos de construcción, recuperación y restauración de taludes, muros en gavión, tierra forzada, trinchos, mejoramiento de las condiciones del suelo, sistemas de drenaje, siembra de vegetación, sistemas de alerta, entre otros, y medidas no estructurales mediante las políticas públicas enmarcadas en el ordenamiento territorial del municipio, así como actividades sociales y acompañamiento de la alcaldía municipal en la educación y capacitación comunitaria sobre gestión del riesgo con el fin de evitar acciones que detonen el suceso de estos eventos, como las malas prácticas agrícolas que incentivan procesos erosivos, reubicación de viviendas en zonas de susceptibilidad, plan de contingencia municipal, dotación de infraestructura física y personal de brigada, entre otros ; así

mismo, realizar estudios detallados especialmente en aquellas zonas que arrojaron resultados críticos con el fin de priorizar el monitoreo y ejecución de medidas correspondientes haciendo parte a la comunidad como elemento fundamental y aporte de valor a la reducción y mitigación del riesgo.

Ahora bien, para prevenir eventos de incendios forestales es importante tomar medidas de mitigación y manejo para la reducción de la susceptibilidad a través de acciones como la reforestación en áreas con incidencia de poca vegetación y focos históricos de incendios, controlar zonas de expansión y frontera agrícola, conservación de espacios de protección ambiental, conformar grupos que apoyen los sistemas de control y alertas tempranas, equipamiento e infraestructura para las brigadas de socorro y bomberos, mantenimiento de la red vial para el acceso óptimo en caso de presentarse un incendio, regular y reglamentar el uso del suelo en las zonas con mayor susceptibilidad a los incendios forestales, educación y capacitación a la comunidad, políticas públicas, plan de contingencia y adquisición de tecnologías como vehículos aéreos no tripulados tipo dron que permitan vigilar y controlar los puntos calientes especialmente en las épocas de mayor temperatura y menor precipitación.

11. Referencias

- Adjagan, K. E., & Raphael, A. J. (2023). *The contributions of space geodesy to the construction of sustainable cities in Africa and around the world* (E3S Web Conference, Ed.; pp. 1–6). E3S Web Conference.
- Alcaldía Municipal de Apulo. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023. Por Apulo vamos a lograrlo*.
- Alcaldía municipal de Apulo. (2023). *Decreto 036 de 2022*.
https://apulocundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/apulocundinamarca/content/files/000684/34179_dec-036-2023-1.pdf
- Aldana, J. (2018). *Implementación De Datos Lidar Para La Detección De Cambios En El Proceso De Actualización Catastral Caso De Estudio Zona Piloto Municipio De Chía*.
- Ayala, J., & Ospino, K. (2023). *Desastres naturales en Colombia: un análisis regional* (Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) - Cartagena, Ed.; 1st ed., Vol. 317). Banco de la República.
- Barreto, E. (2020). *Desarrollo de una firma espectral para la identificación de parches de retamo espinoso (Ulex europeus) en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá, usando imágenes satelitales Sentinel-2*.
- Bautista, M., & Luna, N. (2019). *Zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 aplicando el método estocástico-logística difusa: caso de estudio, municipio de Vetás, Santander*. Universidad Industrial de Santander.
- Bustos, A. (2021). *Aplicación de técnicas asociadas a geomática para la construcción del mapa de riesgos por inundación. quebrada negra, municipio de Útica – Cundinamarca*.
- Caicedo, E. (2023, October 5). *Incendios forestales se han triplicado: Conozca los 10 departamentos más afectados*. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/incendios-forestales-se-han-triplicado-los-10-departamentos-mas-afectados-813099>
- Campos, A., Holm-Nielsen, N., Díaz, C., Rubiano, D., Costa, C., Ramírez, F., & Dickson, E. (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Un aporte para la construcción de políticas públicas*. (Banco Mundial Colombia, Ed.; 1st ed.). GFDRR.
- Carrillo, Y., González, M., & Nieto, D. (2019). *Zonas susceptibles a incendios forestales y diagnóstico de conflicto arbolado, comuna 1, Girardot - Cundinamarca*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Creswell, J. (2009). *Research Design. Qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (University of Nebraska, Ed.; 3rd ed.). Sage Publications.

- DANE. (2023). *Actualización Post Covid-19. Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad.*
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2018). *Índice municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades* (DNP, Banco Mundial BIRF AIF, & GFDRR, Eds.). Departamento Nacional de Planeación.
- D.J Varnes. (1978). Slope Movement Types and Processes. *En Landslides: Analysis and Control, Special Report 176, Transportation Research Board, National Research Council.*
- DNP. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.*
- Domínguez, D., & Gómez, D. (2016). *Implementación de un geovisor de mapas para la visualización e identificación de amenaza por movimiento de masa e inundación, prueba piloto del barrio trece de noviembre en el municipio de Medellín.*
- Duarte, A. (n.d.). *Estructuración y estandarización de la base de datos geográfica para el manejo de información en planes de ordenamiento territorial.*
- Duque, A. (2023). *Implementación de un SIG como herramienta para la gestión y toma de decisiones en secretaria de planeación de Cartago Valle.*
- Erazo, F. (2018). *Elaboración de la orto fotografía para escala 1:500 del campus de la universidad militar nueva granada ubicado en el municipio de Cajicá.*
- FAO. (2022). *Análisis Departamental de Vulnerabilidad y Riesgo frente al Cambio Climático para el sector Agropecuario.*
- F.G Bell. (2007). *Engineering Geology* (Vol. 1).
- García, Y. (2021). *Análisis multitemporal de la variación del área del humedal la conejera en el periodo 2009 – 2021 mediante imágenes satelitales.*
- Gobierno de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997.*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>
- Gobierno de Colombia. (2012). *Ley 1523 de 2012.*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- Gobierno de Colombia. (2014). *Decreto 1807 de 2014.*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=59488>
- Gobierno de Colombia. (2015). *Decreto 1081 de 2015.*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=73593>
- Gobierno de Colombia. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.* <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

- Gómez, D. (2020). *Zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa para el municipio de Villamaría en la zona urbana y rural.*
- Gómez, N., Osorio, Y., & Salazar, J. (2013). *SIG para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en la cuenca del río Campoalegre.*
- Grisales, J., & Pérez, M. (2022). *Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimiento en masa en el barrio Chipre, Manizales, Caldas utilizando herramientas geoinformáticas.*
- Guerrero, M. (2020). *Gestión del Riesgo de Desastres.* Universidad Santo Tomas.
- Henaó, L., & Hernández, J. (2024). *Zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa en el municipio de Santuario (Risaralda).* Universidad de Manizales.
- IDEAM. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000 ajustado.*
- IDEAM. (2020). *Coberturas de la Tierra Leyenda CLC 2020.*
<https://experience.arcgis.com/experience/568ddab184334f6b81a04d2fe9aac262/page/Datos-Abiertos-Geogr%C3%A1ficos-/>
- IDIGER. (2019). *Mapa de amenaza por incendios forestales escala 1:25.000.*
- IGAC. (2022). *Modelo Digital de Elevación DEM 10 metros Apulo.*
- IGAC. (2024). *Colombia en mapas.* <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>
- Llorente, M., Díez, A., & Laín, L. (2009). Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes. *Actas de Las I Jornadas Técnicas SIGTEFOR*, 29–37.
- Lugo, F. (2021). *Análisis multitemporal para determinar la expansión urbana en el municipio de Soacha Cundinamarca en el periodo 2015-2020.*
- Marcado, N., & Cuesta, Y. (2016). *Comparación de estructuras de datos para determinar la susceptibilidad y amenaza por remoción en masa en la cuenca de la quebrada Jella.*
- Millán, J. (2006). *Metodología de Evaluación para la Zonificación y Reducción de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa a Escala de Detalle.*
- Molina, B. (2021). *Visualización e identificación del riesgo por movimiento en masa en los predios del área rural del municipio de Betétiva, departamento de Boyacá.*
- Naciones Unidas. (2024). *La agenda para el desarrollo sostenible.*
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Osorio, L. (2019). *Zonificación de la Susceptibilidad del Terreno a los Deslizamientos. Caso de Estudio: Nariño - Colombia.* Universidad Nacional de Colombia.

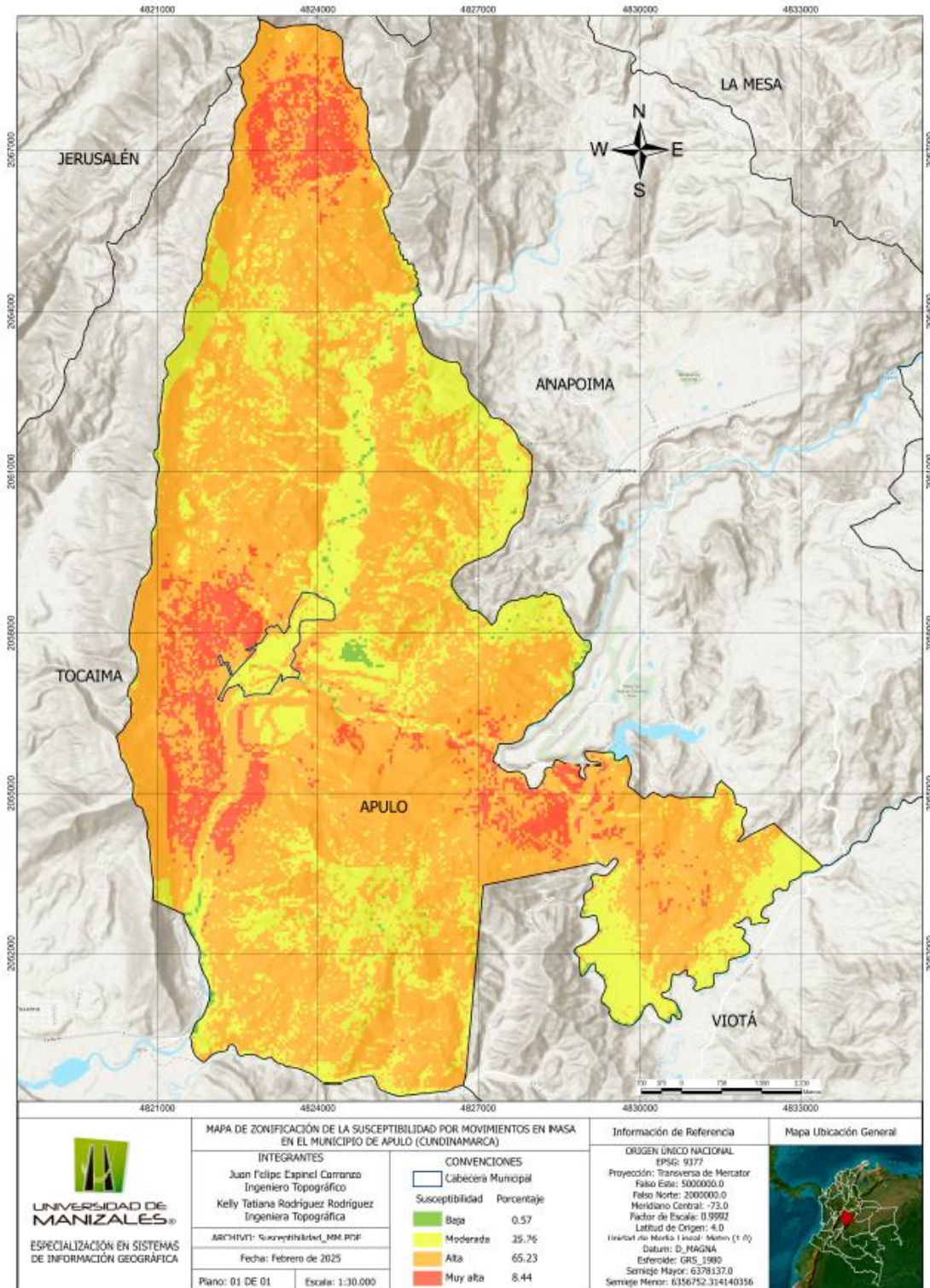
- Palencia, L. (2022). *Análisis comparativo de los softwares orientados a la fotogrametría digital web Opendronemap de código abierto y Agisoft Metashape de código cerrado, a partir de imágenes capturadas con aeronaves no tripuladas (UAV-Dron)*.
- POT Bogotá Verdece 2022-2035. (2021). *Anexo 13. Gestión del riesgo y cambio climático en el ordenamiento territorial*.
- Rivera, D., Manrique, J., León, L., & Carrión, G. (2020). *Guía para la integración de la gestión del riesgo de desastres en los planes de desarrollo territorial 2020-2023* (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Ed.; 1st ed.). UNGRD.
- Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). MC Graw Hill Education.
- Servicio Geológico Colombiano SGC. (2016). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa* (SGC, Ed.). Servicio Geológico Colombiano.
- Servicio Geológico Colombiano SGC. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000*.
- Servicio Geológico Colombiano SGC. (2023). *Mapa Geológico de Colombia 2023*.
https://www2.sgc.gov.co/MGC/Paginas/mgc_1_5M2023.aspx#
- Servicio Geológico Colombiano SGC. (2024). *Sistema de Información de Movimientos en Masa SIMMA*.
<https://simma.sgc.gov.co/#/public/basic/>
- Telencuestas. (2024). *Cuántos habitantes tiene Apulo, Cundinamarca en 2024*. 2024.
<https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2024/cundinamarca/apulo>
- UAEGRDC. (2018). *Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres*.
- UNDRR. (2024). *DesInventar*. <https://db.desinventar.org/>
- UNGRD. (2020, August 19). *Riesgo por movimientos en masa en Colombia*.
<https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Riesgo-por-movimientos-en-masa-en-Colombia.aspx>
- UNGRD. (2021). *Guía metodológica para la formulación y actualización de planes municipales de gestión del riesgo de desastres (PMGRD)*.
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/32750>
- UNGRD. (2023). *Más de \$153 mil millones, inversión de la UNGRD para obras viales en Rosas Cauca*.
<https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2023/Mas-de-153-mil-millones-inversion-de-la-UNGRD-para-obras-viales-en-Rosas-Cauca.aspx>
- UNGRD. (2024a). *Consolidado anual de emergencias*.
<https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/consolidado-atencion-de-emergencias.aspx>
- UNGRD. (2024b). *Guía para la integración de la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en los planes de desarrollo territoriales*.

https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Slide_home/Guia-Integracion-de-la-GRD-y-la-Adaptacion-al-Cambio-Climatico-en-los-Planes-de-Desarrollo.aspx

UNGRD. (2024c). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres “Una estrategia de desarrollo” 2015-2030, segunda actualización*. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/plan-nacional-de-gestion-del-riesgo.aspx>

UPRA. (2023). *La UPRA presentó el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos Agropecuarios*. <https://upra.gov.co/es-co/saladeprensa/Paginas/La-UPRA-present%C3%B3-el-Sistema-de-Informaci%C3%B3n-para-la-Gesti%C3%B3n-de-Riesgos-Agropecuarios.aspx>

A. Anexo No 1: Mapa de susceptibilidad por eventos de movimientos en masa



B. Anexo No 2: Mapa de susceptibilidad por eventos de incendios forestales

