

**ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD POR AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN MASA
DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE MIRAFLORES BOYACÁ - ZONA RURAL**

PROPUESTA TRABAJO DE GRADO

**OPCIÓN DE GRADO: DIPLOMADO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA
SIC**

Por:

DIANA NAYIBE QUINTERO MORENO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTADA DE ESTUDIOS A DISTANCIA -FAEDIS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

MIRAFLORES, MARZO DE 2021

**ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD POR AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN
MASA DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE MIRAFLORES BOYACÁ - ZONA RURAL**

Por:

DIANA NAYIBE QUINTERO MORENO

CÓDIGO 7303681

Propuesta de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Ing. ORLANDO GERMAN POSSO AREVALO

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTADA DE ESTUDIOS A DISTANCIA -FAEDIS
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
MIRAFLORES, MARZO DE 2021**

Contenido

Resumen	4
Introducción	4
Planteamiento del problema	5
Justificación.....	5
Objetivo general	6
Objetivos específicos.....	6
Marco referencial	7
Marco teórico	7
Zona de estudio	13
Marco histórico	15
Situación Geológica que se presenta en el departamento de Boyacá.....	15
Situación Geológica que se presenta en el municipio de Miraflores Boyacá	16
Registro encontrados en el Municipio.....	20
Diseño metodológico.....	24
Caracterización Geoambiental	24
Mapa base de ingreso Geología.	25
Mapa base de ingreso Geomorfología.....	25
Mapa base de ingreso Uso del Suelo.....	26
Mapa base de ingreso Cobertura de Tierra.....	26
Resultados	27
Planificación y documentación	28
Impacto.....	29
Sobre la comunidad rural del Municipio de Miraflores	29
Sobre las autoridades del Municipio de Miraflores	30
Sobre los recursos públicos del ente territorial	30
Conclusiones	31
Referencias Bibliográficas	32

Resumen

La gestión del riesgo y de desastres es un tema que ha tomado fuerza en los últimos años en Colombia, debido a las situaciones de calamidad que se han dado en poblaciones como Mocoa en el departamento del Putumayo, situación que sacudió al país por las magnitudes del desastre; es determinante que se logre anticipar en alguna medida esas ocurrencias naturales, en ese instante entra la ingeniería realizando su aporte por medio de diferentes materias de estudio como es el caso de los Sistemas de Información Geográficos, implementados en análisis multitemporales, por ejemplo análisis de susceptibilidad de movimientos en masa para un territorio específico, los fenómenos de movimiento en masa son muy comunes en zonas rurales con topografía agreste con altas pendientes y una de las mayores causas de afectaciones en infraestructuras rurales.

La ingeniería puede aportar significativamente a la solución de necesidades de los territorios a través de la implementación de herramientas de software para generar análisis de los suelos, sus características y realizar el cruce con otros factores climáticos y topográficos que pueden llegar a entregar información para la mitigación por medio de infraestructura de los impactos de la ocurrencia de los fenómenos de movimientos en masa específicamente.

Palabras clave: movimiento en masa, sistemas de información geográfico, análisis multitemporal.

Introducción

En el presente documento se aborda un caso de estudio para un municipio localizado al sur oriente del departamento de Boyacá, relacionado con movimientos en masa (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1:25.000, 2017) que se presentan en la zona rural de este territorio, en donde algunas personas se ven afectadas por este fenómeno natural que destruye a su paso viviendas y estructuras agrícolas localizadas en suelos con condiciones inestables, que las autoridades y los propietarios de los predios desconocen por la carencia de información de consulta de suelos con características propias de inestabilidad, que ameritan monitoreo y tratamientos distintos.

Se realiza una verificación de suelos desde lo general que es el territorio Colombiano pasando por las condiciones geológicas y de determinación de riesgos del departamento de Boyacá, (JUAN DAVID CUY CIPAMOCHA, 2015) esto con la intención de comprender un poco la situación propia de la zona de estudio.

Con la situación que presenta el caso de estudio se busca la implementación desde la ingeniería civil de una herramienta de análisis ofimático usando técnicas existentes de los sistemas de información geográfico que se basan en metodologías del Sistema Geológico Colombiano, para poder zonificar áreas de terreno rural (Guía Metodológica Para La Zonificación de Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1:25.000, 2017) del municipio en estudio que tienen condiciones de riesgo por sus características geológicas principalmente, conjugados con otras variables, que

acentúan la necesidad de lograr suministrar un monitoreo real por parte de las autoridades municipales, previniendo el asentamiento de personas en estos sitios.

Planteamiento del problema

En el Municipio de Miraflores se presentan varias zonas en la cuales se evidencia movimientos en masa en su zona rural, algunos habitantes posicionan sus viviendas en estos lugares quedando expuestos a estos fenómenos, las autoridades locales no cuentan con un análisis de zonificación por susceptibilidad u otro tipo de herramienta, que les permita tomar decisiones en pro de salvaguardar la integridad física de los habitantes y de sus bienes materiales.

¿Cómo se puede realizar un análisis de susceptibilidad de movimientos en masa de la zona rural del municipio de Miraflores, Boyacá?

Justificación

El producto de este análisis de susceptibilidad por movimientos en masa para el municipio (Abril González et al., 2016) de Miraflores, en su zona rural, permitirán a las autoridades prevenir riesgos asociados con la localización de viviendas en zonas afectadas con movimientos en masa, de igual manera de proyectos de infraestructura que contengan inversión pública. Permitirá la protección de habitantes del Municipio de la zona rural que generalmente son personas vulnerables, quienes por falta de conocimiento exponen sus vidas y viviendas en donde desarrollan sus actividades agropecuarias. La administración municipal podría implementar acciones que se anticipen a los riesgos y no solo atender los afectados cuando los eventos de movimiento en masa se presentan.

Por otro lado se constituirá en un insumo de memoria histórica para el plan municipal de gestión del riesgo (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017) y de desastres que implementa el CMGRD¹.

Ilustración N° 1: Sistema de información nacional de movimientos en masa de Colombia

¹ CMGRD Consejo Municipal de Gestión del Riesgo y Desastres.



Fuente: (SGC, n.d.-b)

La imagen anterior corresponde a la zonificación de amenazas para todo Colombia se puede evidenciar que a escala 1.100.000 el Municipio de Miraflores está catalogado por el Sistema Geológico Colombiano en dos grandes grupos de amenaza, alta de color NARANJA y amenaza muy alta color ROJO.

Objetivo general

Realizar la salida grafica de zonificación de la susceptibilidad de ocurrencia de la amenaza por deslizamiento en masa, del municipio de Miraflores - Boyacá en su zona rural, para identificar las zonas de riesgo en las veredas.

Objetivos específicos

Generar el inventario de los deslizamientos localizados en la zona rural del municipio con sus respectivas coordenadas.

Analizar las capas de entrada (Geología, geomorfología, cobertura de la tierra y uso del suelo)(Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017) que establece la metodología del Sistema Geológico Colombiano, para establecer sus diferentes características.

Determinar el resultado del cruce de las capas de entrada (Geología, geomorfología, cobertura de la tierra y uso del suelo) (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017), por el método estadístico bivariado (Bivariado et al., 2016).

Marco referencial

Marco teórico

GUÍA METODOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:25.000 (Estepa & Talero, 2016)

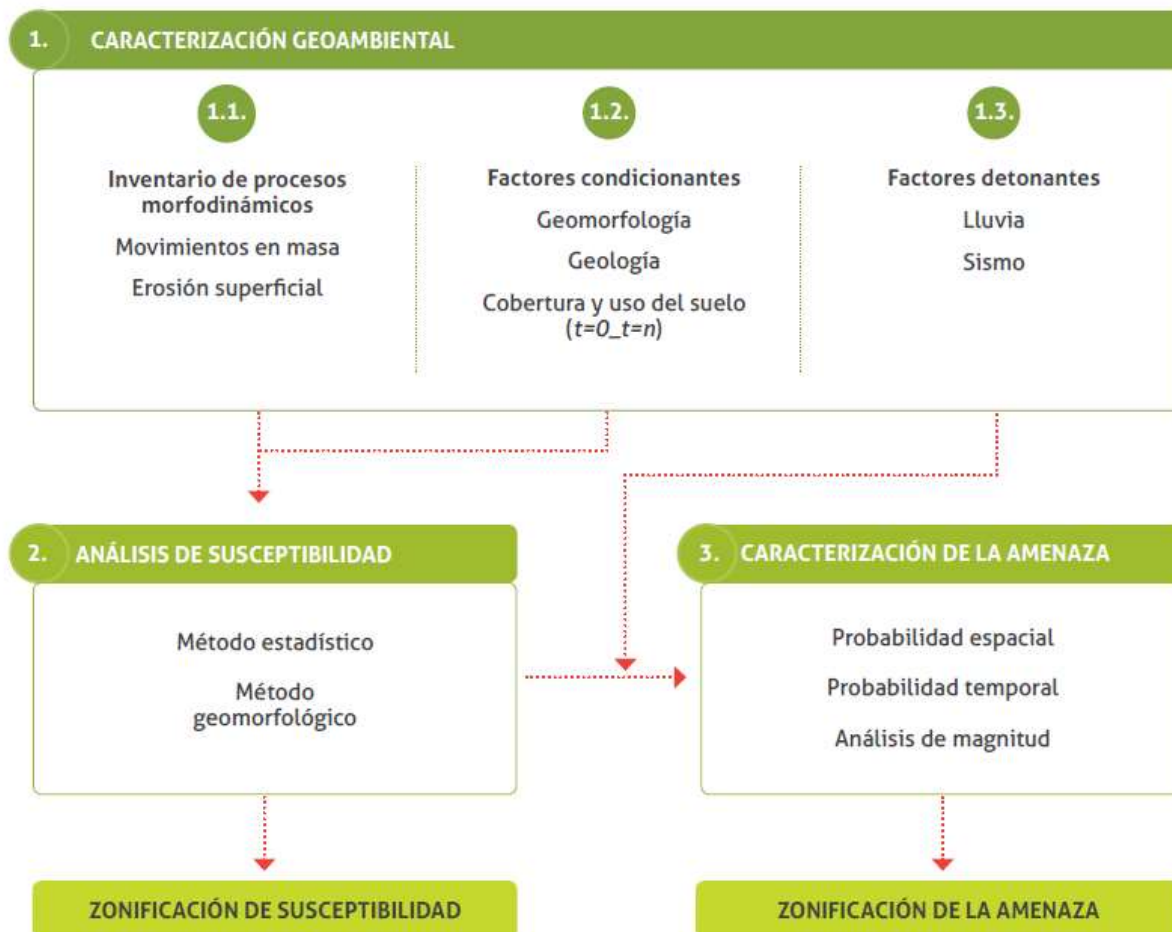
En la búsqueda de la incorporación objetiva y adecuada de la gestión del riesgo en cada uno de los planes de ordenamiento territorial para cada uno de los municipios del territorio colombiano, el servicio Geológico Colombiano realizó la estructuración guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 (Bivariado et al., 2016).

Para poder adelantar el análisis es necesario tener y conocer de forma previa la geología, la geomorfología, cobertura de la tierra y uso del suelo (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017); corresponderán a los datos de ingreso del análisis.

Dentro de los pasos que establece la guía metodológica plantea tres etapas de la siguiente forma:

1. Caracterización geoambiental.
2. Análisis de susceptibilidad.
3. Caracterización de la amenaza. (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

Ilustración N° 2: parámetros de referencia para el análisis de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000. (DAVID STYMAN RODRÍGUEZ CONTADOR, 2019)



Fuente: (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

En la ilustración anterior se presenta el resumen de la ruta de actividades que se deben llevar a cabo para obtener el análisis de deslizamientos para cualquier zona que se encuentre en estudio, para el caso del análisis del municipio de Miraflores se ajustaron los numerales 1 con sus componentes 1.1., 1.2. y el resultado con el punto número 2.

Caracterización geoambiental: para poder adelantar el proceso de análisis se requiere de la recopilación de información geológica, geomorfológica (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017), cobertura de la tierra y uso del suelo (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017), comportamiento climático del área de estudio y sismicidad².

Se presentan una serie de factores de condiciones geológicas y condiciones geomorfológicas, procesos físicos y procesos antrópicos, tal como lo establecen Cruden & Varnes (1996), en la siguiente tabla:

Tabla N° 1: listado de factores detonantes o activadores de movimientos en masa.

² Parámetros de caracterización Geoambiental SGC 2017

1. CONDICIONES GEOLOGICAS	2. CONDICIONES GEOMORFOLOGICAS
Discontinuidades en macizos o masas de suelo orientadas en la misma dirección de la ladera (SGC, n.d.-a)	Depósitos de material transportado en la base o cresta de la ladera (SGC, n.d.-a)
Discontinuidades estructurales Erosión costera de laderas Contraste en permeabilidades y de rigidez	Erosión costera de laderas en caso de que se presenten estas condiciones
Materiales cizallados en la zona de estudio	Erosión de márgenes laterales de fuentes hídricas
Materiales colapsables en la zona de estudio	Erosión fluvial de la base del talud
Materiales fisurados o diaclasados en la zona de estudio	Erosión glacial de laderas
Materiales meteorizados en la zona de estudio	Erosión subterránea
Materiales plásticos débiles en la zona de estudio	Levantamiento tectónico
Materiales sensitivos en la zona de estudio	Levantamiento volcánico
	Rebote glacial
	Remoción de vegetación
a. PROCESOS FISICOS	b. PROCESOS ANTROPICOS
Contracción y expansión de suelos expansivos	Deforestación por Minería o explotación de madera
Derretimiento súbito de hielo (SGC, n.d.-a)	Desocupar reservorios
Descenso de niveles de inundación o mareas altas (SGC, n.d.-a)	Excavación de laderas inadecuado sin condiciones técnicas de ángulos del talud
Erupciones volcánicas	Imposición de cargas en el borde de laderas por construcciones mal posicionadas (SGC, n.d.-a)
Periodos de lluvia intensos	Irrigación de laderas de forma descontrolada
Precipitación prolongada que provocan saturación y fatiga de suelos	Rellenos no técnicos
Rompimiento de reservorios creados por usuarios de la zona rural para almacenar agua en temporadas secas	Sistemas de drenaje defectuosos en cultivos cubiertos y a campo abierto
Sismos	Vibración artificial de trabajos mecánicos o explosiones

Fuente: Adaptado y modificado de (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

Para la caracterización geoambiental la guía metodológica del servicio geológico establece el siguiente esquema como los principales datos a tener en cuenta:

Ilustración N° 3: Capas y tipos de datos de ingreso al software ArcGis (Gis, n.d.) para el análisis de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

FACTOR / TEMÁTICA	CAPAS Y TIPOS DE DATOS
INVENTARIO DE PROCESOS MORFODINÁMICOS	Inventario de movimientos en masa y erosión
	Actividad de los movimientos en masa
	Distribución
GEOMORFOLOGÍA	Pendiente
	Curvatura
	Morfogénesis
UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES	Tipos de roca
	Meteorización
	Discontinuidades
	Aspectos estructurales
	Fallas
	Tipos de suelo
	Espesor del suelo
	Propiedades geotécnicas
	Propiedades hidrológicas
COBERTURA Y USO DEL SUELO	Cobertura de la tierra
	Uso del suelo actual
	Cambio de la cobertura de la tierra
DETONANTES	Lluvia
	Sismo

Fuente: (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

En la ilustración N° 3 se visualizan los datos a suministrar por parte de la persona que administra el análisis, la información básica de ingreso al software ArcGis, se constituirá en el punto de partida (Velandia et al., 2001) para el cruce estadístico y probabilístico a desarrollar.

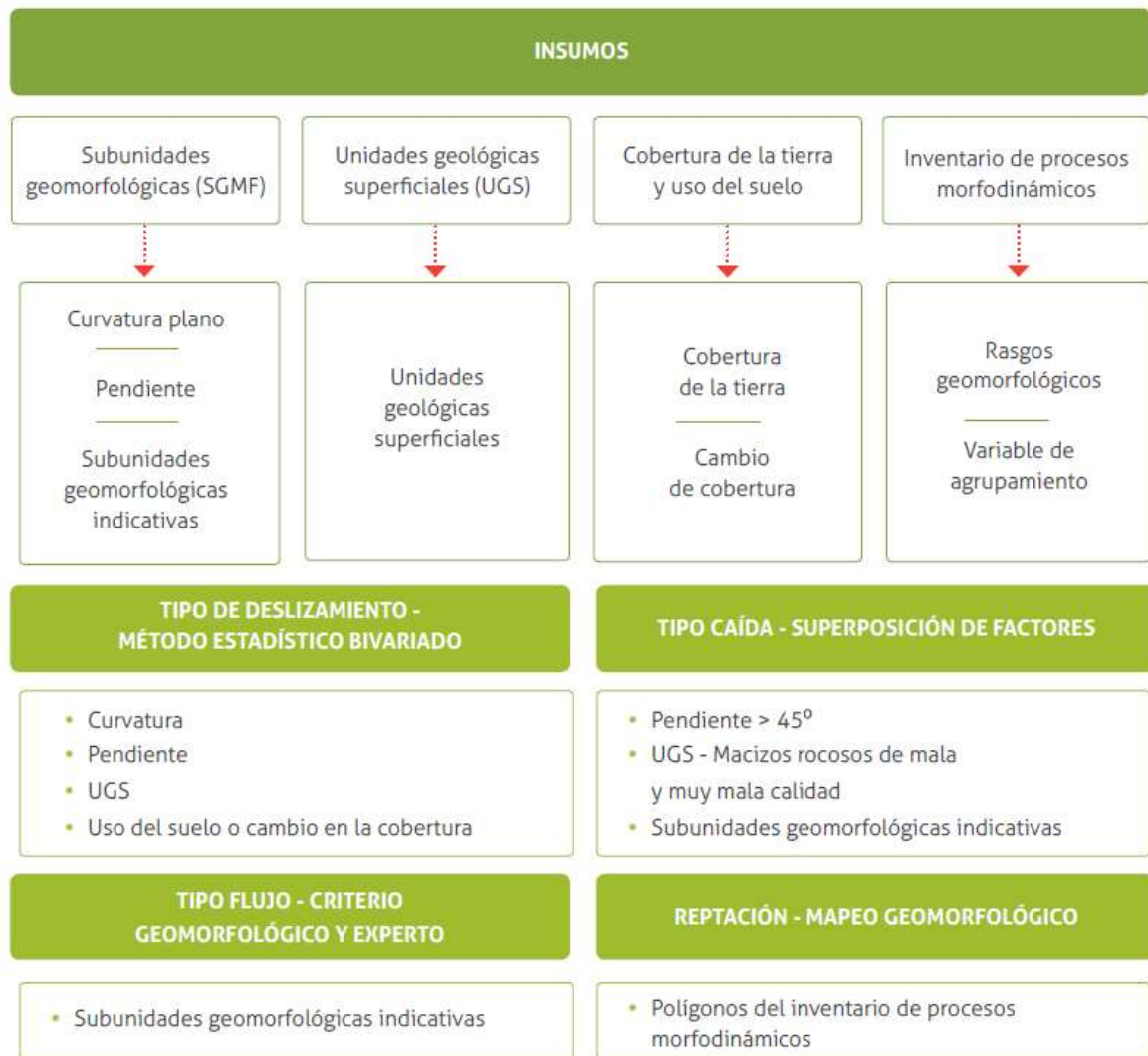
Análisis de susceptibilidad: durante este proceso se realiza la zonificación de la susceptibilidad y la respectiva evaluación del riesgo, luego de obtener el inventario y listado de procesos morfodinámico dentro de los pasos a seguir que se describen en la guía metodológica se aplica “*un método estadístico bivariado (González Gómez, 2015) combinado cruzando criterios de campo*”(Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)”³ como lo establece SGC (2017) y subunidades geomorfológicas de la zona en la cual se adelantan los estudios.

Lo que permite ver el análisis del inventario de procesos morfodinamicos lo presenta el SGC (2017) como la relación existente entre “*los factores condicionantes y la facilidad de ocurrencia de movimientos en masa en un suelo determinado* (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)”.

³ Guía Metodológica para zonificación de amenazas por movimientos en masa escala 1:25.000 SGC 2017.

Cartográficamente el Servicio Geológico Colombiano planteo cuatro clases o categorías (baja, media, alta y muy alta)⁴ de representación (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1:25.000, 2017).

Ilustración N° 4: Insumos detallados de ingreso al software ArcGis para el análisis de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000.



Fuente: (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1:25.000, 2017)

El orden de ingreso y detalle que realizarán los datos dentro del software ArcGis se puede ver en la ilustración N° 4, en cada uno de sus componentes las capas principales de ingreso entregará una determinante en la estadística de ocurrencia.

⁴ SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. op. Cit.

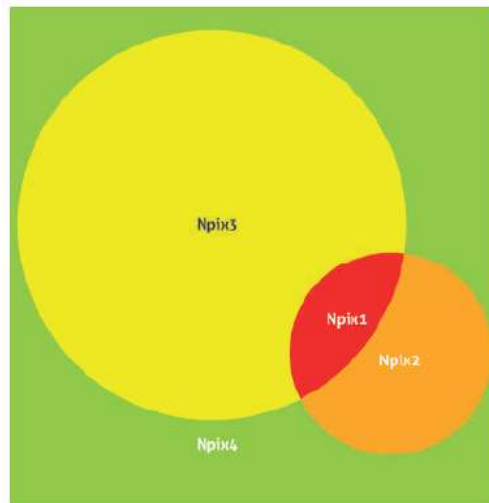
Ilustración N° 5: relación entre deslizamientos L y factores condicionantes w.

		w: Factor condicionante con potencialidad de deslizamientos		
		Presente	Ausente	
L: Deslizamientos	Presente	Npix1	Npix2	Área total deslizada
	Ausente	Npix3	Npix4	Área total no deslizada
		Área total con unidad w	Área total sin unidad w	Área total del mapa

Fuente: (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

La relación entre deslizamiento (L) y el factor condicionante (w) tomara como referencia de análisis dentro del software ArcGis dimensionamiento y valores de pixeles, conjuntos entre presente-presente y ausente-ausente; cada grupo va recibiendo un valor que es acumulativo para el análisis general como lo muestra la ilustración N° 5.

Ilustración N° 6: El cruce grafico de la relación entre deslizamientos L y factores condicionantes w.



Fuente: (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

El ejercicio de análisis se puede establecer como una relación geométrica y un ejercicio de unión de conjuntos como lo muestra la ilustración N° 6, la zona verde de mayor extensión tiene una categoría baja, el círculo amarillo que en orden de extensión en consecutivo al verde es de

categoría media y lo crítico del análisis que realiza el software ArcGis está localizado en el círculo Naranja y la unión de áreas de color Rojo, esta última es donde se conjugan todas condiciones para que se presenten deslizamientos que puedan tener un desarrollo en masa, por lo que queda delimitada en la máxima tonalidad de la matriz que establece la metodología del SGC (2017).

Ilustración N° 7: Matriz de categorías de la susceptibilidad.

CATEGORÍA	TIPOS Y SUBTIPOS DE MOVIMIENTO	CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTALES – FACTORES CONDICIONANTES
MUY ALTA	Movimientos en masa activos del inventario de procesos morfodinámicos	
ALTA	Deslizamientos	UGS - Subunidades geomorfológicas - Cobertura de la tierra y Uso del suelo
	Caídas	
	Flujos	
MEDIA	Deslizamientos	UGS - Subunidades geomorfológicas - Cobertura de la tierra y Uso del suelo
	Caídas	
	Flujos	
BAJA	UGS - Subunidades geomorfológicas - Cobertura de la tierra y Uso del suelo	

Fuente: (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

Luego de que se cuente con la información base del inventario de movimientos en masa (Estepa & Talero, 2016) activos o de mayor posibilidad de identificación en la actividad de campo y se ingrese junto con las capas que establece la metodología del SGC (2017), se podrá iniciar la interpretación usando la matriz en se centran cuatro categorías simbolizadas con colores de alerta como se ve en a ilustración N° 7.

Zona de estudio

El análisis de susceptibilidad se plantea realizar en el municipio de Miraflores Boyacá en su zona rural ubicado en las coordenadas W 5° 11'47" N 73° 8'40" con extensión de 258km en total, de la provincia de lengupa siendo capital de la misma, situado al sur Oriente del Departamento de Boyacá, a 1432 m .s. n. m. y compone la región Andina de Colombia, en donde se presentan zonas con abundancia montañosas que componen la cordillera oriental y del denominado del piedemonte llanero boyacense.

Ilustración N° 8: Localización geográfica del Municipio Miraflores Boyacá



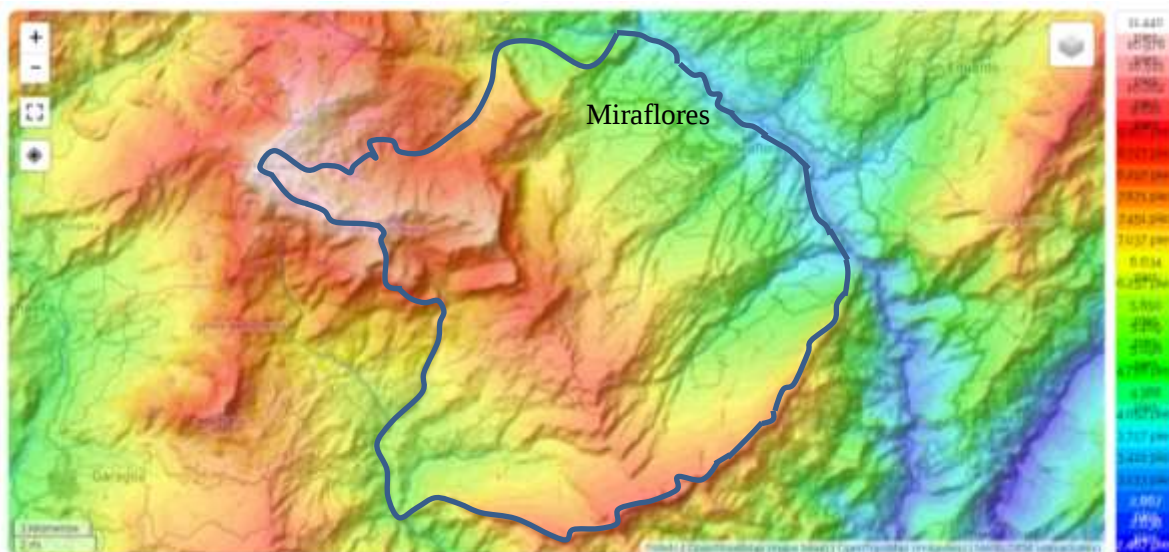
Municipio de Miraflores
Boyacá

Distancia desde la
ciudad de Tunja capital
del departamento de
Boyacá es de 97, 4 km

Fuente: (Topographic, n.d.)

Topografía de la zona de estudio: para el caso del municipio de Miraflores se presenta una topografía quebrada e imponente, corresponde a un municipio con gran vocación agrícola con cultivos relevantes como pitaya, tomate, caña de azúcar, maracuya, gulupa, entre otros.

Ilustración N° 8: Mapa topográfico general Miraflores, Boyacá – Colombia.



Fuente: TOPOGRAPHIC-MAP. Miraflores. (s.f.) Recuperado de: <https://en-gb.topographic-map.com/maps/oazb/Miraflores/>

Marco histórico

Para el caso del departamento de Boyacá se puede evidenciar que a la fecha registran más de 1659 eventos registrados en el sistema SIMMA de eventos relacionados con movimientos en masa, por lo cual se puede establecer un comportamiento del suelo es irregular en el departamento, en especial en la provincia de Lengupa en donde se localiza el Municipio de Miraflores, Boyacá.

[illegible]

Cada uno de los puntos que muestra la Ilustración N° 9 corresponde a un evento registrado por el departamento de Boyacá a lo largo de los años, esta información es recolectada por la Unidad Departamental de Gestión del Riesgo (Chinome Rincón & Torres Forero, 2014) y de Desastres (UDGRD), y entregada al sistema SIMMA para iniciar con la constitución, localización y memoria histórica de ocurrencia de eventos de deslizamiento, especificando fecha y municipio en donde se focalizo la afectación en los suelos.

Situación Geológica que se presenta en el municipio de Miraflores Boyacá

Ilustración N° 10: Mapa Geológico de Miraflores, Porta SGC.



Fuente: (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017)

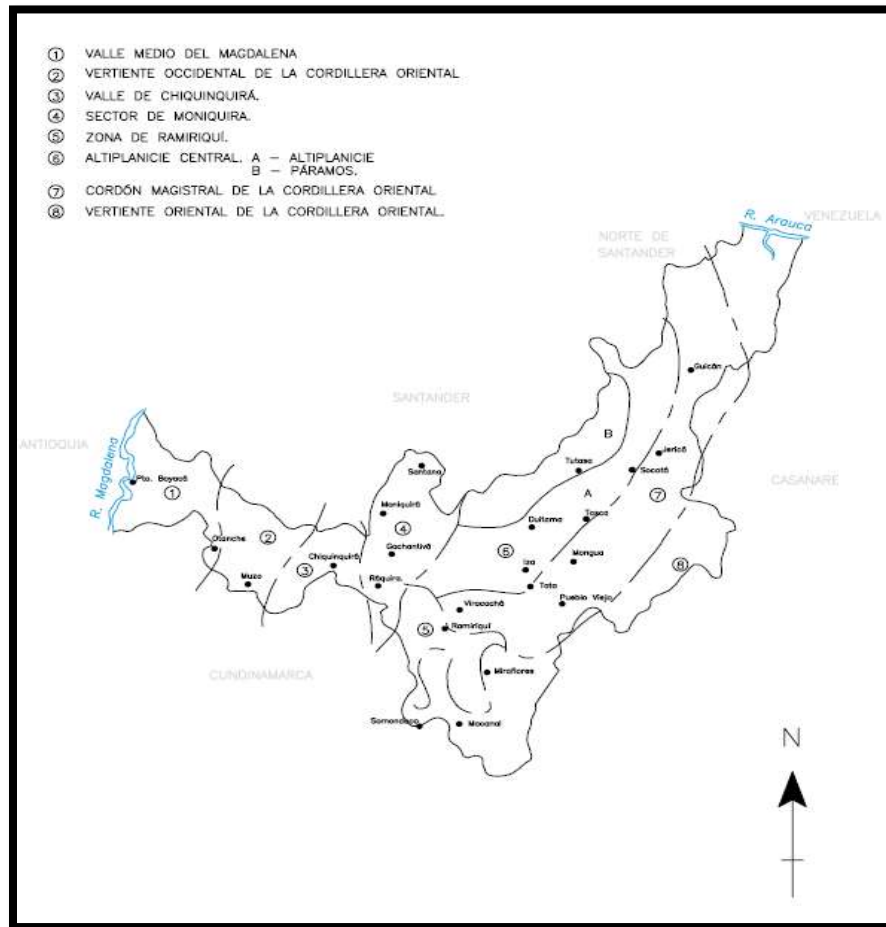
Dentro del SGC se presenta al Municipio de Miraflores como zona de amenaza sísmica Alta como se visualiza en la ilustración N° 10, en donde se visualiza cuatro de los pliegues geológicos de la zona que permiten el desarrollo de comportamientos geotécnicos inestables (Camargo & Giraldo, 2018) con facilidad ante el desarrollo de un terremoto.

Tabla N° 2: Composición geológica de Miraflores, Boyacá

Unidad	Descripción	Área ha	Porcentaje
Deposito cuaternario Aluvial	Conglomerados y Arcillolitas.	38,452	0,15
Deposito cuaternario Coluvial	Conglomerados con bloques en matriz arcillosa.	169,928	0,65
Deposito cuaternario Fluvio-Glacial	Conglomerados con bloques angulares en matriz limo-arenosa.	653,092	2,51
Deposito cuaternario Fluvio-Torrencial	Cantos en matriz lodosa	6,623	0,03
Deposito cuaternario Talus y Derrubios	Bloques y fragmentos angulares heterométricos	1.015,048	3,90
Deposito cuaternario Terraza Aluvial	Conglomerados, arenas y arcillolitas.	132,918	0,51
Formación Fomeque	Alternancia de lutitas y limolitas negras areniscas y calizas de poco espesor.(SGC, n.d.-a)	16.427,766	63,12
Formación Las Juntas miembro Almeida	Areniscas cuarzosas, macizas, con algunas intercalaciones de lodolitas y arcillolitas negras.	1.503,913	5,78
Formación Une	Areniscas cuarzosas de grano fino a grueso con intercalaciones de lutitas negras, ocasionales lentejones de conglomerados finos.(SGC, n.d.-a)	6.076,774	23,35

Fuente: (Alcaldía Municipal de Miraflores, 2000)

Ilustración N° 10: Regiones fisiográficas del departamento de Boyacá.

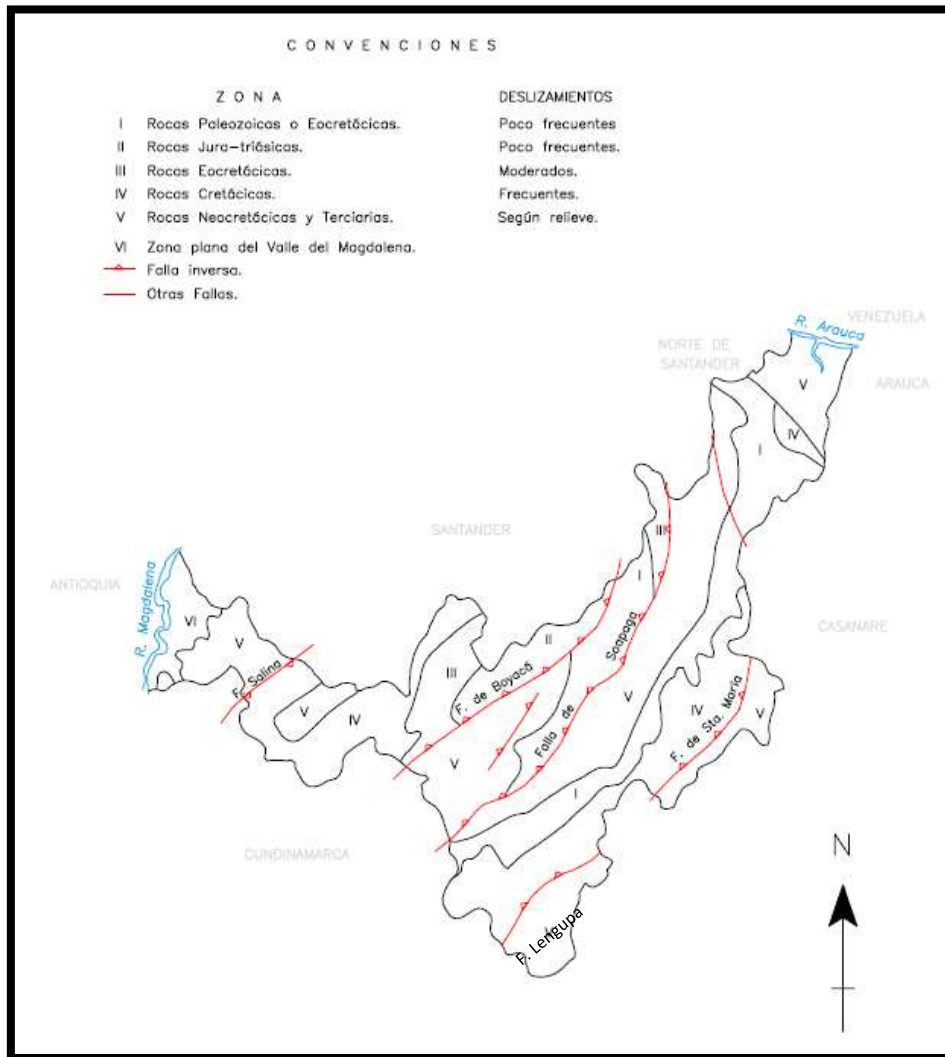


Fuente: (Rodríguez Parra & Solano Silva, 2000)

De acuerdo al estudio que realizó el Ministerio de Minas y Energía (Ministerio de Minas y Energía, n.d.) la región fisiográfica en la cual se localiza el Municipio de Miraflores, Boyacá (MELISA OSPINA ESCOBAR, 2018) corresponde a la “Vertiente Oriental de la Cordillera Oriental” sobre esta vertiente se presentan terrenos con características muy quebradas y escarpadas entre otras denominaciones que recibe esta la de “Piedemonte Llanero”.

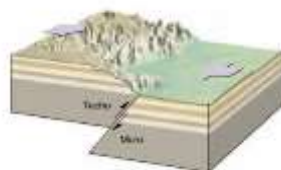
Debido a la presencia constante de fuentes hídricas de grandes caudales como ríos, se ha desarrollado sobre la topografía valles estrechos, las pendientes para esta zona del departamento son muy pronunciadas en su gran mayoría superiores al 30°, por lo que se encuentra uno de los escenarios propicios para que se desarrollen con facilidad deslizamientos de gran magnitud con la presencia de lluvias o pérdida de las capas vegetales, que limitan la capacidad de transporte por las laderas de escorrentías que socavan o desplazan los suelos.

Ilustración N° 11: Mapa de Zonificación de terrenos inestables en Boyacá



Fuente: (Rodríguez Parra & Solano Silva, 2000)

Sobre el mapa anterior se representa la falla que afecta al Municipio de Miraflores, corresponde a la falla de Lengupa que recibe comportamientos geológicos y geotécnicos de la falla de Santa María, las dos son fallas inversas propias de zonas montañosas y de fuertes pendientes del suroriente del departamento de Boyacá



Fuente: Movimiento de una falla Inversa (Tarbuck et al., 2005)

Ilustración N° 12: Mapa de amenaza por deslizamiento



Fuente: (Rodríguez Parra & Solano Silva, 2000)

La zona **I - A** corresponde a una amenaza muy alta por deslizamientos y es donde justamente se localiza el municipio de Miraflores y los demás municipios de la provincia de Lengua, en el análisis preliminar que realizó el Ministerio de Minas en el año 2000⁵ la ocurrencia de deslizamientos y movimientos en masa (Estepa & Talero, 2016) se focalizó en un 80% para el suroriente del departamento de Boyacá que se delimitó como I – A, los municipios posicionados en este sector tienen eventos frecuentes de deslizamientos cuando las precipitaciones incrementan o se presentan de forma prolongada, fatigan los suelos que con sus fuertes pendientes componen el escenario perfecto para que se realicen deslizamientos de gran magnitud.

⁵ MME – Ingeominas Geología del departamento de Boyacá

Registro encontrados en el Municipio

Dentro de los registros que lleva el municipio de Miraflores de la correspondencia que es radicada por los habitantes a la secretaria de Planeación e Infraestructura para los años 2018 y 2019 se encuentra información relacionada con viviendas con afectaciones estructurales ocasionadas por movimientos en masa (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017), las construcciones se encuentran localizadas en la zona rural dentro de las 23 veredas con las que cuenta este territorio de la siguiente manera:

Tabla N° 2: Relación de comunicaciones radicadas por habitantes del municipio año 2018.

Total de comunicaciones Sec. Planeación e Infraestructura para el año 2018	Comunicaciones relacionadas con asuntos de gestión del Riesgo y de Desastres	Comunicaciones relacionadas con viviendas afectadas por remoción en masa
1570	189	19

Fuente: el autor.

Las 19 comunicaciones representan a la misma cantidad de familias que debieron acogerse a una evacuación temporal mientras el invierno disminuía su intensidad, la solución que plantea el municipio de Miraflores de acuerdo a las posibilidades presupuestales corresponden a atenciones transitorias y temporales a los habitantes afectados, representado en un canon de arriendo por tres meses, por lo cual estas familias retornaban nuevamente a las viviendas luego que terminaba la cobertura del subsidio.

Tabla N° 3: Relación de comunicaciones radicadas por habitantes del municipio año 2019.

Total de comunicaciones Sec. Planeación e Infraestructura para el año 2019	Comunicaciones relacionadas con asuntos de gestión del Riesgo y de Desastres	Comunicaciones relacionadas con viviendas afectadas por remoción en masa
1820	98	8

Fuente: el autor.

Teniendo en cuenta los casos de familias que presentaron afectaciones en sus viviendas posicionar sus construcciones en terrenos en los cuales se presentan movimientos en masa para los años 2018 y 2019 de puede determinar que el municipio debe atender 27 familias que quedan desamparadas de un techo, si se mira esta problemática desde el punto de vista presupuestal para un municipio de sexta categoría no es sencillo reubicar y brindar un nuevo techo a 27 familias, por lo cual las soluciones que puedan entregar de forma inmediata serán transitorias y temporales como recursos en modalidad de subsidio para cubrir algunos meses de arriendo luego quedaran nuevamente expuestos a la necesidad básica de un techo, es ahí en donde radica la importancia de que las autoridades cuenten con herramientas para de forma anticipada determinar los suelos en los que no se debe posicionar una vivienda por afectaciones de movimientos en masa.

La alcaldía Municipal ha realizado visitas a algunas de las viviendas de la zona rural que fueron reportadas en los años 2018 y 2019, con afectaciones por posicionarse en zonas de remoción en masa sin que a la fecha se haya podido reubicar en una nueva estructura a estas persona, debido a la falta de recursos para poder adelantar esta actividad.

Tabla N° 4: registro fotográfico con descripción estructuras y áreas rurales afectadas por movimientos en masa.

	
Vivienda localizada en la vereda de Chapacia sector 4 esquinas, fuente: el autor.	Vivienda localizada en la vereda de Chapacia sector 4 esquinas, fuente: el autor.
	
Vereda Pueblo y Cajón Sector la vega, fuente: el autor.	Vereda Pueblo y Cajón Sector la vega, fuente el autor.
	
Vivienda afectada vereda Pueblo y Cajón sector la Vega, fuente: el autor.	Vivienda afectada vereda Pueblo y Cajón sector la Vega, fuente: el autor.



Vivienda afectada vereda de Miraflores sector el Tropezón, fuente: el autor.



Vivienda afectada vereda de Miraflores sector el Tropezón, fuente: el autor.



Vivienda afectada vereda de Miraflores sector el Tropezón, fuente: el autor.



Vivienda afectada vereda de Miraflores sector el Tropezón, fuente: el autor.



Vivienda afectada vereda Chapacia sector 4 esquinas, fuente: el autor.



Vivienda afectada vereda de Miraflores sector el Tropezón, fuente: el autor.



Sector cuatro esquinas vereda Chapacia



Sector Los Bancos vereda Miraflores



Sector La vega vereda Pueblo y Cajón



Sector el Tropezón vereda de Miraflores



Sector La vega vereda Pueblo y Cajón



Vereda Matarredonda Abajo

Elaboración propia visitas a viviendas con estructuras afectadas, fincas y vías con deslizamientos visibles Municipio de Miraflores, zona rural.

Diseño metodológico

Se realiza la zonificación de amenaza de susceptibilidad de movimientos en masa a escala 1:25.000 para la zona rural del municipio de Miraflores, Boyacá haciendo aplicación de la guía metodológica publicada por el Servicio Geológico Colombiano en las siguientes dos etapas:

Caracterización Geoambiental

Inventario de deslizamientos: se obtiene a partir la consulta que se realiza al catálogo de inventario de deslizamientos que registra el Sistema Geológico Colombiano por medio de la plataforma SIMMA, análisis de imágenes satelitales (Google Earth) y recorridos en terreno, se relaciona el inventario generado con las respectivas coordenadas.

Mapa de localización de deslizamientos visitados en campo en el Municipio de Miraflores



Coordenadas localizadas
zonas de alto riesgo

DESlizAMIENTO	LATITUD	LONGITUD
MIR-01	5.2356793°	73.19682003°
MIR-02	5.23422745°	73.19468153°
MIR-03	5.22186212°	73.18103008°
MIR-04	5.21818862°	73.18011663°
MIR-05	5.21781518°	73.17975432°
MIR-06	5.21644472°	73.17936758°
MIR-07	5.21399370°	73.17654342°
MIR-08	5.21420707°	73.17156118°
MIR-09	5.21395478°	73.16780155°
MIR-10	5.21261007°	73.15486548°

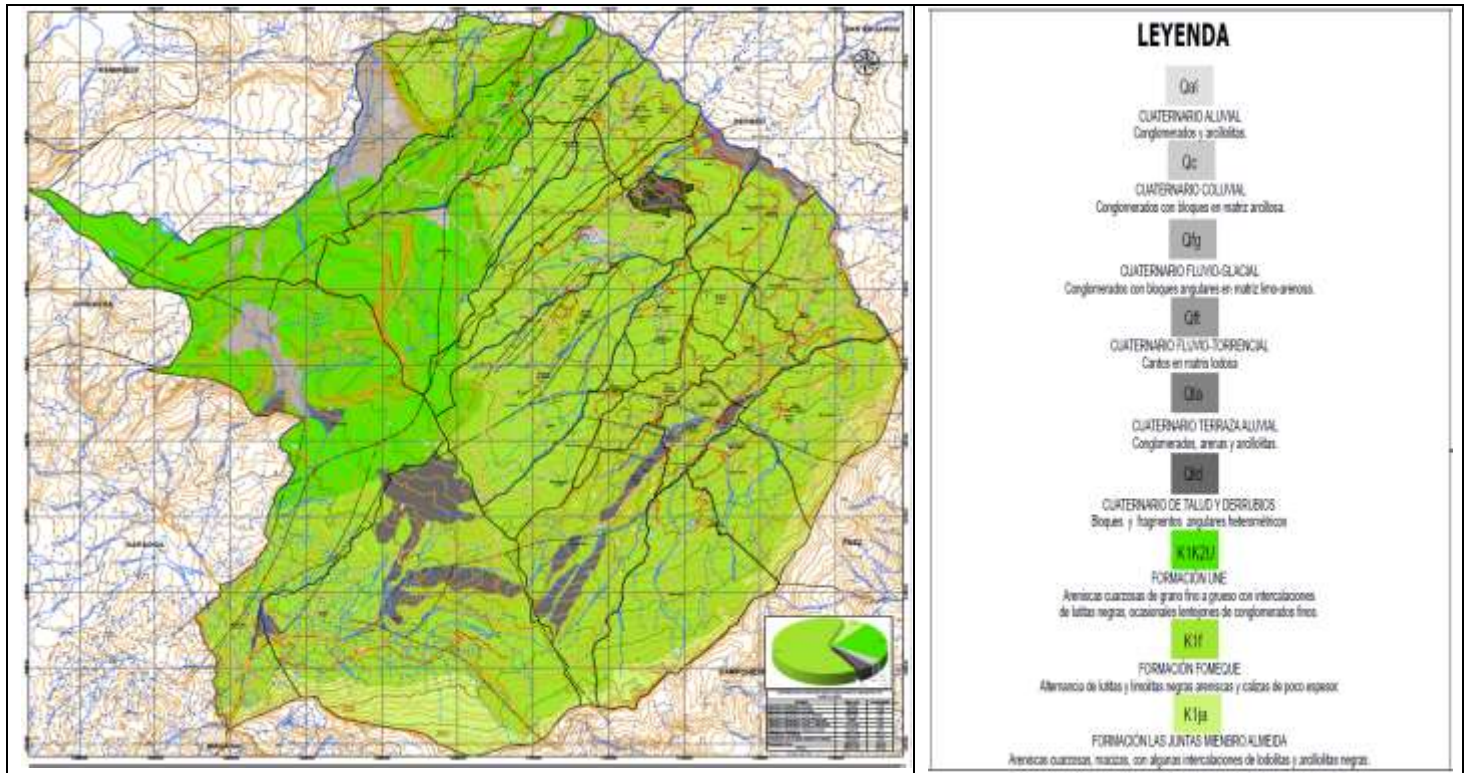
Fuente: el autor. Archivo KMZ. Visualizado en Google Earth.

Tabla N° 5: listado de factores detonantes o activadores de movimientos en masa.

DESlizAMIENTO	LATITUD	LONGITUD	DESlizAMIENTO	LATITUD	LONGITUD	DESlizAMIENTO	LATITUD	LONGITUD
MIR-11	5.21223917°	73.15337383°	MIR-21	5.20316537°	73.14062858°	MIR-31	5.14729982°	73.14530138°
MIR-12	5.21160900°	73.15349840°	MIR-22	5.20155748°	73.13861987°	MIR-32	5.16101123°	73.15217805°
MIR-13	5.20678872°	73.15157465°	MIR-23	5.20553827°	73.13151313°	MIR-33	5.11949448°	73.13747597°
MIR-14	5.20209293°	73.15037660°	MIR-24	5.20006498°	73.12665562°	MIR-34	5.09576270°	73.23729542°
MIR-15	5.20886433°	73.14566047°	MIR-25	5.18861593°	73.12869957°	MIR-35	5.09458913°	73.24379930°
MIR-16	5.21098658°	73.14452193°	MIR-26	5.18767785°	73.12939257°			
MIR-17	5.21310180°	73.14482020°	MIR-27	5.18436002°	73.12867607°			
MIR-18	5.21337657°	73.14435337°	MIR-28	5.17889652°	73.11407787°			
MIR-19	5.21342967°	73.14323713°	MIR-29	5.17797068°	73.11453203°			
MIR-20	5.21944040°	73.14360392°	MIR-30	5.16104062°	73.10452558°			

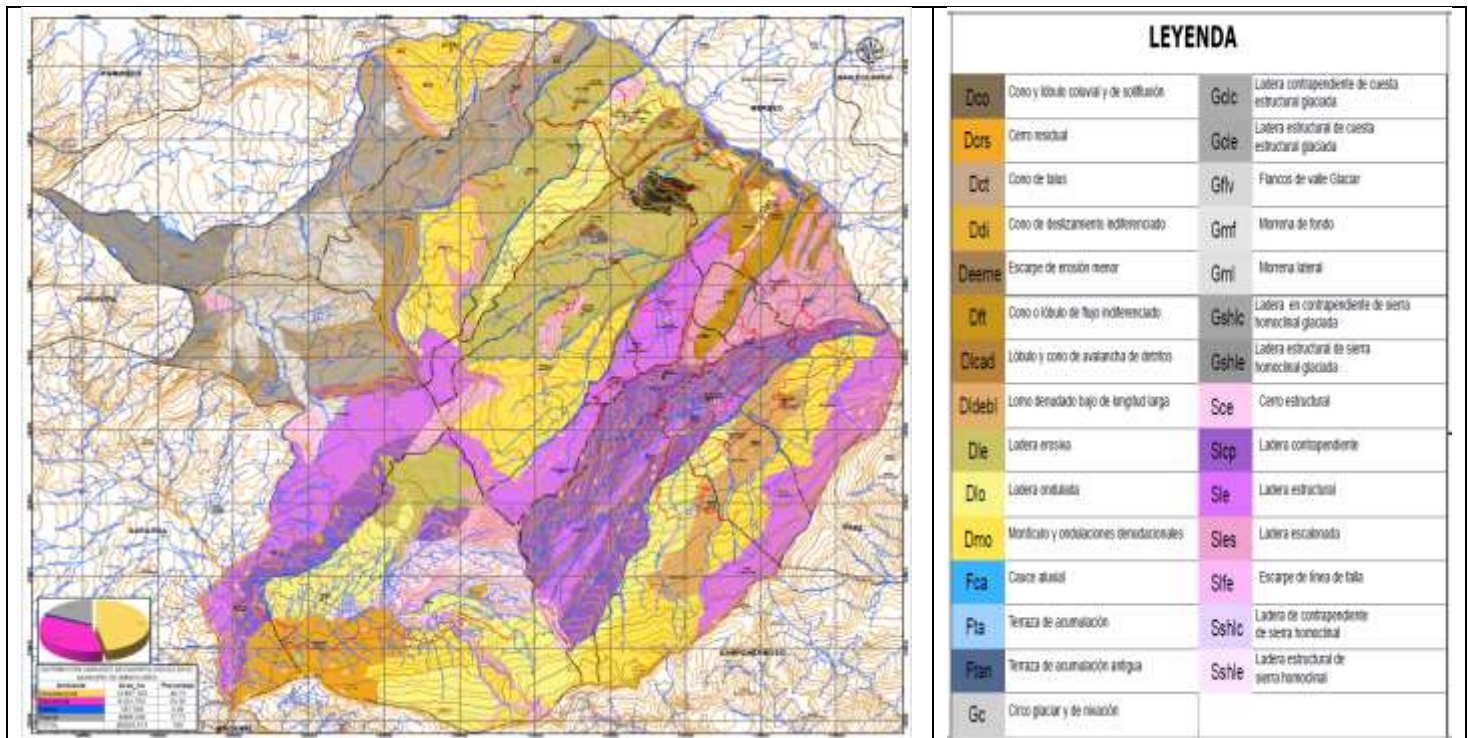
Fuente: el autor inventario de deslizamientos presentes en la zona rural, municipio de Miraflores – Boyacá.

Mapa base de ingreso Geología.



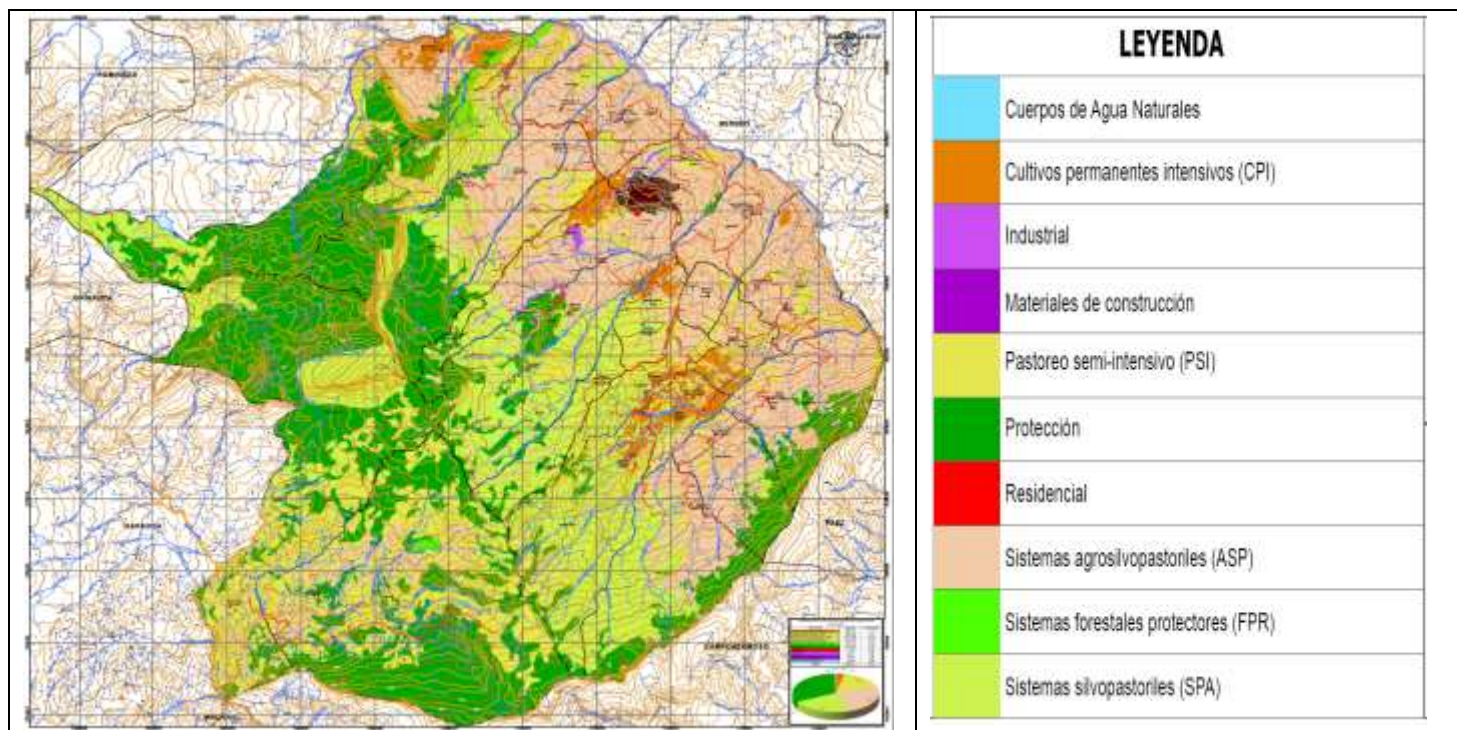
Fuente: (Alcaldía Municipal de Miraflores, 2000)

Mapa base de ingreso Geomorfología.



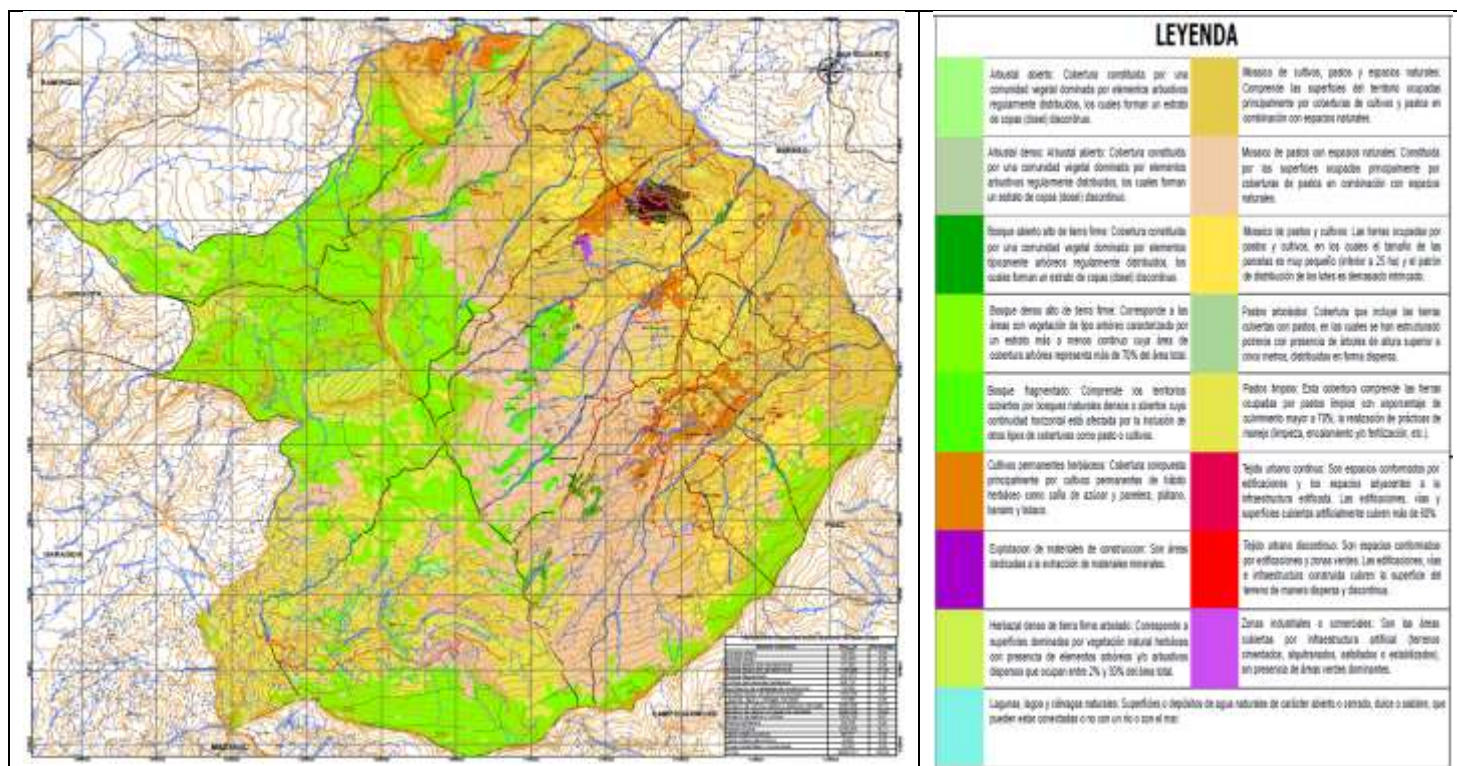
Fuente: (Alcaldía Municipal de Miraflores, 2000)

Mapa base de ingreso Uso del Suelo.



Fuente: (Alcaldía Municipal de Miraflores, 2000)

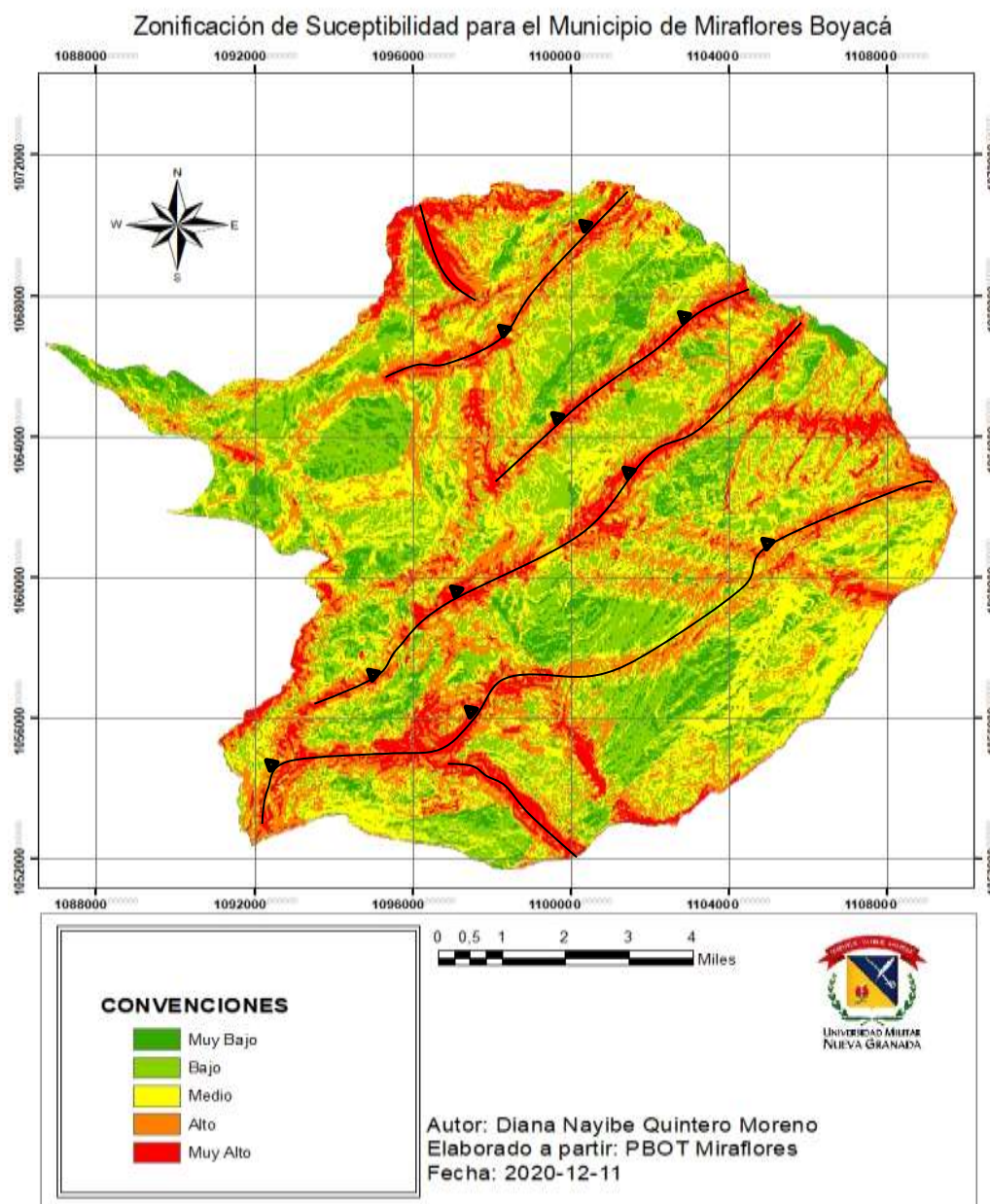
Mapa base de ingreso Cobertura de Tierra.



Fuente: (Alcaldía Municipal de Miraflores, 2000)

Resultados

Luego de realizar la intersección de las capas suministradas por la secretaria de Planeación e infraestructura cada una con una característica propia de los suelos que tienen presencia en el territorio rural, se obtiene una salida grafica producto del análisis del software que realiza un análisis probabilístico de ocurrencia de un deslizamiento en algunas zonas específicas, en el mapa resultado se puede ver las zonas con susceptibilidad de ocurrencia de movimientos en masa (SGC, n.d.-b) para el territorio rural del Municipio de estudio.



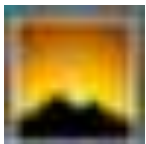
Fuente: el autor. Archivo salida grafica zonificación de susceptibilidad. Visualizado en ArcGis.

Planificación y documentación

Como resultado de la metodología usada con las siguientes capas:

- Geología
- Geomorfología
- Cobertura de la tierra
- Uso del suelo (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1:25.000, 2017)

Se obtuvo una salida gráfica como la presentada en los resultados pero esta información preliminar debe ser puesta en un nuevo análisis frente a la realidad visible en el terreno de la zona rural del Municipio, por lo cual se buscó una herramienta de Sistemas de Información Geográfica que permitiera generar un contraste entre la información analizada por el ArcGis Vs. Zonas de remoción activa en las veredas del Municipio, se encontró una herramienta ArcMap, que permitió generar fotografías georreferenciadas en la zona en la cual se capturó la imagen, seguido se procesaba la información recolectada y se consolidaba en archivo con extensión .KMZ el cual puede visualizarse en Google Earth de cualquier equipo sin necesidad de tener otro software especializado instalado que eventualmente pueda usarse por parte del personal de la secretaría de planeación que en el futuro necesitara realizar consultas a este informe para tener soporte en una decisión de autorización de posicionamiento de una vivienda en la zona rural.



Esta imágenes representan una fotografía georreferenciada en el archivo y corresponden a zonas visitadas en el marco de la elaboración del análisis de susceptibilidad de amenaza por movimientos en masa que se realizó en la zona rural del Municipio.

Luego de realizar 38 visitas técnicas en campo se pudo obtener el siguiente consolidado con extensión KMZ, en el cual se podrá consultar zonas en las que se tienen evidencias notorias de alguna afectación por movimientos en masa activos en la zona rural, este insumo será suministrado a la secretaría de Planeación e Infraestructura para que pueda ser consultado de forma posterior por los funcionarios del despacho, que en ocasiones no son de la planta administrativa, ni de la región y no cuentan con la memoria histórica de eventos de riesgo, esto lleva a que se repitan el situaciones como posicionamiento de viviendas en zonas rurales en donde en años anteriores ya se habían afectado construcciones.

hora de posicionar sus viviendas, evitando que pongan en riesgo sus vidas y pierdan los recursos que invierten en las construcciones.

Sobre las autoridades del Municipio de Miraflores

Contaran con una herramienta de monitoreo y control, para evitar el posicionamiento de viviendas en zonas con susceptibilidad de movimientos en masa, cumpliendo la misión como ente territorial, de protección de los habitantes del municipio. Enfocándose mas a la prevención y no solo a la atención de los eventos de gestión del riesgo en el municipio.

Sobre los recursos públicos del ente territorial

Evitando que deben invertirse recursos públicos para reubicar familias que sufren afectación en sus viviendas por movimientos en masa activos que pudieron prevenirse.

Conclusiones

Una vez se logró realizar la zonificación de susceptibilidad para el municipio de Miraflores se pudo evidenciar que la mayoría de zonas en las cuales se focalizo afectaciones catalogadas como alta y muy alta se relacionan directamente con las fallas geológicas que se posicionan en el territorio.

Las zonas de susceptibilidad con afectaciones de categoría media son consecutivas a las de alta y muy alta, lo que permite concluir que el análisis que el software realiza luego de cruzar las diversas variables introducidas guarda secuencia, orden y lógica con la situación real del municipio.

Colocar diferentes valores numéricos a las características de la geología, la geomorfología, uso del suelo y cobertura de la tierra previo al análisis de Susceptibilidad permite establecer diferentes factores para poder generar posteriormente la zonificación por movimientos en masa.

Con el insumo elaborado en formato KMZ en el cual se verifico los registros fotográficos de los 38 eventos activos en el municipio para su zona rural, se garantizará la trazabilidad de la información y memoria histórica de una administración municipal a otra, en el entendido que después de la terminación del periodo de un mandatario se presentan cambios en el personal de la alcaldía y con esta transición se va la memoria histórica en materia de gestión del riesgo específicamente de localización de eventos activos de movimientos en masa en la zona rural (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017).

Con la salida grafica resultado del análisis de susceptibilidad de amenaza por movimientos en masa (Guía Metod. Para La Zo. Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1 25.000, 2017) la administración municipal atreves de los presidentes de junta de acción comunal podrá inicial proceso de concientización a la población que tienen viviendas próximas a movimientos activos y los demás habitantes frente a la necesidad verificar el tipo de suelo y sus condiciones geológicas antes de realizar sus inversiones para la construcción de sus viviendas.

Con los dos insumos generados (Salida grafica y archivo de verificación KMZ) la secretaria de planeación e infraestructura podrá contar con una herramienta para el monitoreo y toma de decisiones en materia de movimientos en masa, evitando con mayor éxito el posicionamiento de viviendas o construcciones agrícolas en zonas que debido a movimiento en masa activos, puedan comprometer la integridad física de quienes vivan allí o las frecuentes y que adicional pierdan los recursos invertidos de un momento a otro.

Con el monitoreo que se realice por parte de las autoridades de las zonas con movimientos en masa activos y el control para evitar que se coloquen construcciones por parte de habitantes de las veredas en estas zonas, se realizara un control del flujo de recursos públicos que deben asignarse para cubrir cánones de arriendo para familias que pierden sus viviendas y que además no da una solución de fondo a la situación que se presenta de pérdida de su vivienda.

Referencias Bibliográficas

- Abril González, N. A., Amaya Reyes, E. G., & Fonseca Peralta, H. A. (2016). Evaluación de amenazas por movimientos en masa causados en Jericó Boyacá, durante el periodo invernal de 2011 (Threat assessment caused by mass removal in Jericó (Boyacá), during the winter of 2011). *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(1), 6. <https://doi.org/10.19053/1900771x.5115>
- Alcaldía Municipal de Miraflores. (2000). *Plan Basico de Ordenamiento Territorial Miraflores - Boyacá*.
- Bivariado, M., Proceso, Y. U. N., Caso, H., La, A. A., Del, C., Combeima, R. Í. O., Heurístico, P., Aplicado, C., Cuenca, A. L. A., Combeima, D. E. L. R. Í. O., Carlos, A. F., Enif, M. B., Jesús, S. R., & Jesús, G. N. (2016). *Masa Aplicando Un Método Bivariado Y Un. October*, 0–17. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20103.19361>
- Camargo, R. H. Á., & Giraldo, A. F. (2018). *COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL MONITOREO DE TALUDES O LADERAS INESTABLES EN EL MUNICIPIO DE ZETAQUIRA – BOYACÁ MEDIANTE TÉCNICAS TRADICIONALES DE TOPOGRAFÍA Y TÉCNICA MODERNA DE DRONES* (Issue 2). [https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones_jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion para el aprendizaje Perspectiva alumnos.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379_Los_estudios_sobre_el_cambio_conceptual_](https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones_jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379_Los_estudios_sobre_el_cambio_conceptual_)
- Chinome Rincón, J. A., & Torres Forero, B. Y. (2014). *Estudio geológico y apoyo técnico a la zonificación por fenómenos de remoción en masa Convenio Interadministrativo Corporación Autónoma Regional CORPOBOYACA- UPTC N° 028 -2013 Municipio de Socotá Boyacá*. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1569#.Wqbz08eC-Sk.mendeley>
- DAVID STYMAN RODRÍGUEZ CONTADOR. (2019). *ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA A ESCALA 1:25.000 PARA EL MUNICIPIO DE CHINCHINÁ, CALDAS*. 74.
- Estepa, R. J., & Talero, R. Y. (2016). *Zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva Boyacá a Escala 1:25,000*. 186. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/TGT-377.pdf>
- Gis. (n.d.). *ArcGis 10.6*.
- González Gómez, M. (2015). Comparación entre métodos heurísticos, estadístico univariado y estadístico bivariado, para la zonificación de amenazas por movimientos en masa a escala 1:25000 e el municipio de santa bárbara, departamento de Antioquia. *Departamento de Ciencias de La Tierra*., 169. <http://hdl.handle.net/10784/8245>
- JUAN DAVID CUY CIPAMOCHA. (2015). *REVISIÓN HISTÓRICA DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, “DENTRO DEL MARCO DEL PROYECTO DE “INVESTIGACIÓN APLICADA A LA MODELACIÓN DEL TERRITORIO A PARTIR DEL ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.”* 90.

MELISA OSPINA ESCOBAR. (2018). *ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA. COMPARACIÓN DE RESULTADOS A PARTIR DE CARTOGRAFÍA BASE DEL IGAC Y CARTOGRAFÍA BASE OBTENIDA MEDIANTE VEHÍCULOS TRIPULADOS REMOTAMENTE (RPAS). CASO DE ESTUDIO: CABECERA MUNICIPAL DE CISNEROS, ANTIOQU.* 83.

Ministerio de Minas y Energía. (n.d.). *Ministerio de Minas y Energía.*

Rodríguez Parra, A. J., & Solano Silva, O. (2000). *Memoria explicativa del mapa geológico del Departamento de Boyacá.* 1–127.

SGC, S. G. C.-. (n.d.-a). *Servicio Geologico Colombiano.*

SGC, S. G. C.-. (n.d.-b). *Sistemas de Información de Movimientos en Masa.*

Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). Ciencias de la Tierra. In *Geology* (Vol. 30).

Topographic. (n.d.). *Topografía general Miraflores.*

Velandia, F., Nuñez, A., & Marquinez, G. (2001). *Memoria explicativa del mapa geológico del Departamento del Huila* (p. 153).

Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000, Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000 (2017). <https://doi.org/10.32685/9789585978225>