

**Inventario de Movimientos en Masa dentro del Perímetro Urbano del Municipio de
Ocaña, Norte de Santander en el Período 2018-2022 a Escala 1:7.500, de la Jurisdicción de
CORPONOR.**

Laura Marcela Navarro Jiménez

Universidad de Pamplona

Departamento de física y geología

Facultad de Ciencias Básicas

Programa de Geología

Villa del Rosario

28 de septiembre de 2023

**Inventario de Movimientos en Masa dentro del Perímetro Urbano del Municipio de
Ocaña, Norte de Santander en el Período 2018-2022 a Escala 1:7.500, de la Jurisdicción de
CORPONOR.**

Laura Marcela Navarro Jiménez

Director Académico

MSc. Ilich Sebastián Villamizar Solano

Geólogo

Director Empresarial

Juan Carlos Rodríguez Osorio

Ingeniero Ambiental

Universidad de Pamplona

Departamento de Física y Geología

Facultad De Ciencias Básicas

Programa de Geología

Villa del Rosario

2023

Índice

Índice.....	3
Lista de tablas	5
Lista de figuras.....	6
Resumen.....	7
1. Introducción	8
2. Planteamiento del problema.....	10
3. Objetivos.....	11
3.1 Objetivo General	11
3.2 Objetivos específicos	11
4. Contextualización del área de estudio.....	12
4.1 Localización geográfica	12
5. Marco Teórico.....	14
5.1. Movimiento en masa	14
5.2 Geomorfología de los movimientos en masa	16
6. Marco Geológico	19
7. Metodología	20
7.1. Fase 1. Planeación.....	21
7.2. Fase 2. Trabajo de Campo.....	22
7.3. Fase 3. Procesamiento de Datos y representación Cartográfica.....	23
7.4. Fase 4. Presentación del trabajo final.....	24
8. Análisis y Resultados.....	25
8.1 Caracterización de los movimientos en masa, municipio de Ocaña, periodo 2018-2022..	25
8.2 Resultados del proceso de Caracterización de los movimientos en masa	26
8.3 Mapa de inventario de movimientos en masa a escala 1:7.500	41

8.4. Guía adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa	43
9. Conclusiones y Recomendaciones	46
10. Referencias.....	48
11. Anexos y Apéndices	50

Lista de tablas

Tabla 1 Relación de eventos de movimientos en masa, reportados en el periodo 2018-2022, Ocaña, Norte de Santander.	25
Tabla 2 Movimientos en masa verificados en campo, periodo 2018-2022, Ocaña, Norte de Santander.....	26
Tabla 3 Tipos de movimientos en masa identificados en el período de tiempo 2018-2022, municipio de Ocaña, Norte de Santander.	27
Tabla 4 Subtipos de movimientos en masa en el período de tiempo 2018-2022, municipio de Ocaña, Norte de Santander.	28
Tabla 5 Frecuencia anual de los movimientos en masa el período de tiempo 2018-2022, municipio de Ocaña, Norte de Santander.....	30
Tabla 6 Tipos de movimientos en masa en función de los materiales involucrados y la formación geológica.....	32
Tabla 7 Categorización en Importancia de los movimientos en masa.....	39
Tabla 8 Tipo de movimientos en masa por comuna	40

Lista de figuras

Figura 1	Localización del perímetro urbano del municipio de Ocaña a escala 1:7.500.	12
Figura 2	Tipos de movimientos en masa, clasificación de Cruden y Varnes (1996)	15
Figura 3	Elementos morfológicos de un movimiento en masa.....	17
Figura 4	Etapas de la investigación	21
Figura 5	Registro fotográfico Subtipos de movimientos masa, municipio de Ocaña.....	29
Figura 6	Frecuencia anual de los movimientos en masa	31
Figura 7	Distribución espacial de los movimientos en masa sobre el mapa geológico del perímetro urbano del municipio de Ocaña	33
Figura 8	Movimientos en masa que desplazaron materiales de la Formación Algodonal	35
Figura 9	Distribución espacial de los movimientos en masas según los rangos de pendientes..	36
Figura 10	Mapa geológico del perímetro urbano del municipio de Ocaña y los movimientos en masa ocurridos en el periodo 2018-2022.....	37
Figura 11	Mapa de inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano de Ocaña, Norte de Santander.....	42
Figura 12	Estructura de la guía adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa	44
Figura 13	Formato para la recopilación de información de movimientos en masa, página 1	45
Figura 14	Formato para la recopilación de información de movimientos en masa, página 2	45

Resumen

El municipio de Ocaña, ubicado en el departamento de Norte de Santander, se enfrenta a una creciente amenaza de movimientos en masa, la expansión no planificada de asentamientos humanos en áreas propensas a deslizamientos y la falta de un inventario detallado de movimientos en masa representan un desafío significativo que debe abordarse de manera urgente.

A través de una investigación documental que abarco la recolección y análisis de información relacionada con la ocurrencia de eventos de movimientos en masas se elaboró un inventario dentro del perímetro urbano del municipio, en el período 2018-2022 a escala 1:7.500, en correspondencia con los lineamientos establecidos por el Servicio Geológico Colombiano (2017).

Se analizaron 143 eventos, teniendo como resultado que los tipos de movimientos en masa más recurrentes dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña son las caídas y deslizamientos, provocados generalmente por factores antrópicos como la expansión urbana no planificada. Así mismo, las áreas con mayor incidencia de movimientos en masa son las comunas 4, 6 y 2. Este análisis permitió identificar tendencias en la ocurrencia de estos movimientos, las cuales pueden ser determinantes en la formulación de estrategias de mitigación y reducción del riesgo de desastres, brindando a las autoridades locales una herramienta para planificar y coordinar la respuesta a eventos futuros.

Palabras clave: Inventario, Movimientos en Masa, Ocaña, Gestión del Riesgo

1. Introducción

Los movimientos en masa representan eventos naturales o inducidos por la actividad humana que pueden causar daños significativos a la infraestructura, amenazar la vida humana y tener un impacto negativo en el medio ambiente (Servicio Geológico Colombiano, 2017). Estos eventos han afectado a numerosas poblaciones en todo el mundo a lo largo del tiempo, especialmente en regiones tropicales como Colombia (Hermelin, 2016).

La presencia constante de movimientos en masa en Colombia se debe a una combinación de factores, que incluyen la geología, la geomorfología, el uso del suelo, el clima y la influencia humana en la modificación inapropiada del territorio. Estos factores generan riesgos que abarcan desde daños a la propiedad y la infraestructura hasta la pérdida de vidas humanas, lo que afecta negativamente el desarrollo del país.

El municipio de Ocaña, ubicado en el departamento de Norte de Santander, presenta condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas que aumentan la probabilidad de movimientos en masa (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2015). En años recientes, se ha observado un fenómeno de migración de la población rural hacia las zonas urbanas del municipio, lo que ha resultado en asentamientos en áreas inadecuadas. Esto ha generado una serie de problemas y desafíos que aumentan el riesgo de desastres naturales y la frecuencia de movimientos en masa.

Por tanto, es esencial que las autoridades locales, como la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental (CORPONOR), cuenten con un inventario de movimientos en masa que proporcione información detallada sobre las zonas propensas a deslizamientos, su ubicación y su historial de eventos, cumpliendo con tienen la responsabilidad de respaldar a las entidades territoriales en la gestión del riesgo y la reducción de amenazas.

En este contexto, se lleva a cabo la elaboración de un inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña en el período 2018-2022 a escala 1:7.500 para comprender mejor el comportamiento de estos eventos.

El estudio utiliza el sistema de clasificación de movimientos en masa propuesto por Cruden y Varnes (1996) y sigue la metodología establecida por el Servicio Geológico Colombiano (2017), en la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masas.

La construcción de esta base de datos proporciona información valiosa que puede utilizarse para identificar las características principales de los movimientos en masa que se han presentado en el municipio de Ocaña. Estos datos son esenciales para la implementación de estrategias de mitigación que reduzcan la ocurrencia de desastres naturales relacionados con movimientos en masa.

2. Planteamiento del problema

En los últimos años, en el municipio de Ocaña se han presentado desplazamientos de la población rural al perímetro urbano del municipio, propiciando la creación de asentamientos en zonas inapropiadas, las cuales no cuentan con estructuras viales y sistemas adecuados de drenajes de aguas lluvias y alcantarillado, trayendo como consecuencia la inestabilidad de terreno por sobresaturación de agua en el talud, deforestación e irrigación en las laderas, por tanto, es muy frecuente la ocurrencia de movimientos en masa, condicionados por las fuertes lluvias que se presentan, acompañadas de factores antrópicos como el uso inadecuado del territorio, la degradación ambiental y el cambio acelerado del uso del suelo (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres [CMGRD], 2012).

De tal forma, para las autoridades locales del municipio, es importante que se tomen medidas que permitan mitigar y reducir el riesgo por movimientos en masa, haciendo necesario, identificar, localizar y reconocer las características geológicas de cada uno de los movimientos que se han presentado dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, y con ello construir una información de valor en términos de inventario, teniendo en cuenta, las directrices establecidas por la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental (CORPONOR) y por el Servicio Geológico Colombiano en la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, como documento orientador.

Este proyecto se enfoca en responder a la pregunta: “¿Cuáles son las principales características que han presentado los movimientos en masa dentro del perímetro urbano del Municipio de Ocaña en el periodo 2018-2022?”

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Elaborar un inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander, en el período 2018-2022 a escala 1:7.500, mediante los lineamientos del Servicio Geológico Colombiano establecidos en la Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa.

3.2 Objetivos específicos

Caracterizar los movimientos en masa que se han presentado dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña en el periodo 2018-2022; según su localización, condiciones geológicas y geomorfológicas e importancia.

Generar un mapa del inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña a escala 1:7.500.

Diseñar una guía adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa, articulado a la guía metodológica para la zonificación de amenazas por movimientos en masa del servicio geológico colombiano y al manual de procedimientos para la gestión de riesgo de desastres de la corporación autónoma de la frontera nororiental (CORPONOR).

4. Contextualización del área de estudio.

En esta sección se describe donde se llevó a cabo el estudio y esto incluye la delimitación del área geográfica específica donde se realizó, lo que ayuda a contextualizar y definir los parámetros geográficos del estudio, para comprender dónde se recopilaban los datos.

4.1 Localización geográfica

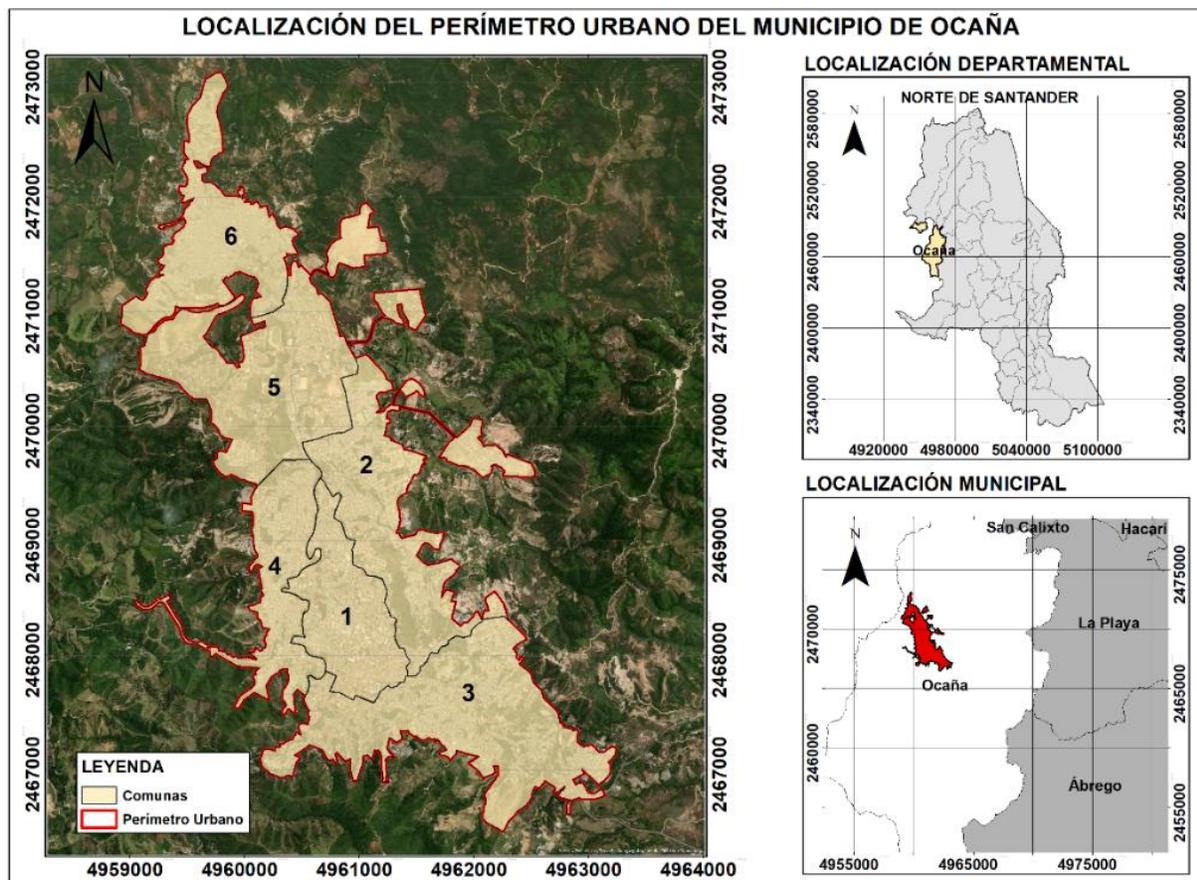
El municipio de Ocaña se encuentra en el noreste de Colombia, en el departamento de Norte de Santander. Tiene una extensión de 627.72 km², de los cuales 9.34 km² corresponden a área urbana, su altitud varía de 400 a 2600 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2015).

La división político administrativo del municipio de Ocaña, que corresponde al área urbana se encuentra dividida en 6 comunas, conformadas por barrios, urbanizaciones, conjuntos o asentamientos y sitios connotados. Las comunas son: comuna 1: Ciudadela Norte, comuna 2: Francisco Fernández de Contreras, comuna 3: José Eusebio Caro, comuna 4: Cristo Rey, comuna 5: Adolfo Milanés y comuna 6: Olaya Herrera.

Figura 1, muestra el perímetro urbano a escala 1:7.500, con la distribución política administrativa de la ciudad, donde se observa que el área urbana tiene una forma alargada que se asemeja a una cometa y se encuentra en la parte central y occidental del municipio de Ocaña (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2015).

Figura 1

Localización del perímetro urbano del municipio de Ocaña a escala 1:7.500.



Nota. Tomado y modificado del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, PBOT, municipio de Ocaña, por Alcaldía Municipal de Ocaña, (2015), <https://www.ocana-nortedesantander.gov.co/planes/pbot-2015--formulación-urbana>

5. Marco Teórico

Con este marco teórico se busca proporcionar una base para comprender los movimientos en masa desde una perspectiva geológica y geomorfológica, así como su relevancia en términos de gestión de riesgos y medidas de mitigación.

5.1. Movimiento en masa

Para Cruden (1991) un movimiento en masa se configura como todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad. Estos movimientos involucran deformaciones del terreno y pueden ocurrir en cualquier parte del mundo.

Se abordan procesos como remoción en masa, deslizamientos y fallas en laderas, que pueden ser tanto lentos y difusos, como rápidos y con límites claros definidos por superficies de rotura. A efectos de conocer particularidades de los movimientos los geólogos Michael Cruden y David J. Varnes, desarrollaron una caracterización y clasificación importante de los movimientos en masa, que ha sido ampliamente utilizada en la geología y la gestión de riesgos. Su trabajo se ha convertido en un marco de referencia en este campo.

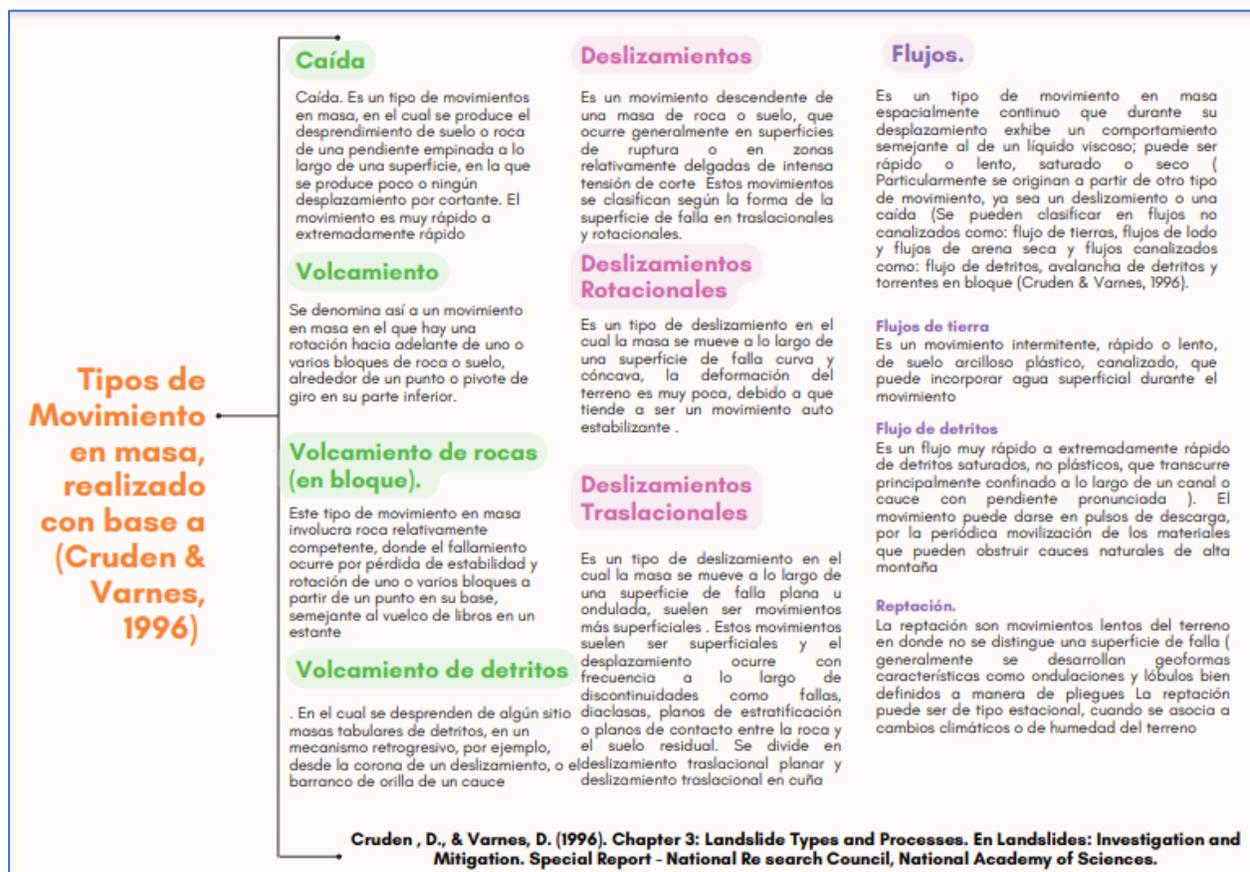
La caracterización de movimientos propuesta por Cruden y Varnes en 1996 es importante porque establece un marco unificado que facilita la comprensión, evaluación y gestión de los movimientos en masa. Esto tiene implicaciones significativas en la protección de vidas humanas, la planificación del uso del suelo y la infraestructura, y la investigación científica en este campo.

Esta caracterización de movimientos es esencial para evaluar los riesgos asociados a estos eventos, permite a los expertos en riesgos evaluar que tan peligrosos pueden ser los movimientos en masa en una ubicación específica y qué medidas de mitigación son necesarias.

La Figura 2, describe los tipos de movimientos en masa definidos en el sistema de clasificación de movimientos en masa propuesto por Cruden y Varnes (1996), quienes plantean los criterios de clasificación, el tipo de movimiento y tipo de material, determinando 5 clases: caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral y flujo.

Figura 2

Tipos de movimientos en masa, clasificación de Cruden y Varnes (1996)



Nota. Elaboración propia con base a Cruden, D., y Varnes, D. (1996). Chapter 3: Landslide Types and Processes. En *Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report - National Research Council, National Academy of Sciences.*

De acuerdo con la Figura 2, esta clasificación ayuda a describir y comprender estos eventos geológicos y se centra tres aspectos principales: a la forma en que se mueve la masa, a la cantidad

de agua presente en la masa y cómo influye en su comportamiento, en este aspecto se centra en cómo se comporta la masa y su velocidad de movimiento:

5.2 Geomorfología de los movimientos en masa

Las características geomorfológicas de la masa desplazada y del terreno alrededor del movimiento pueden describir movimientos en masa. Los elementos morfológicos de un movimiento en masa han sido descritos por autores como Varnes (1978) y estos pueden estar relacionados con el terreno intacto.

La identificación y el análisis de estos elementos morfológicos son esenciales para comprender la dinámica y los riesgos asociados con los movimientos en masa, lo que permite tomar medidas adecuadas de prevención y mitigación.

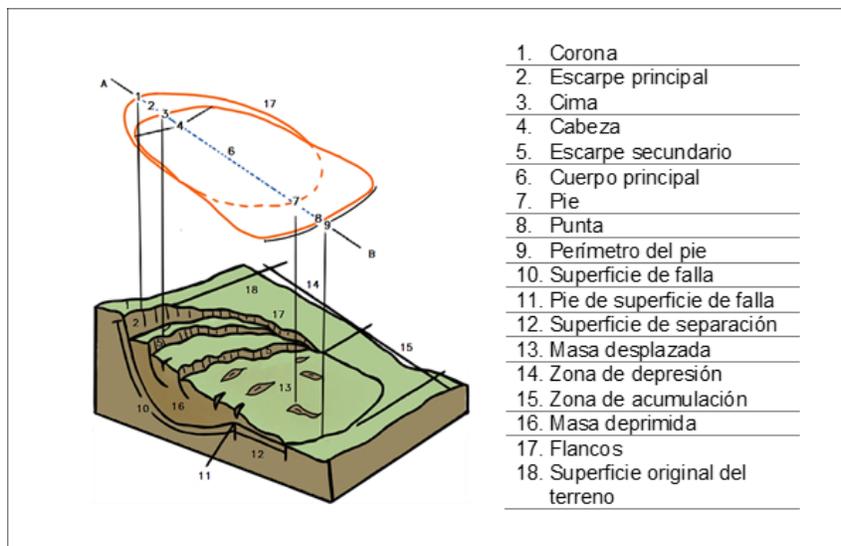
Los elementos morfológicos de un movimiento en masa se describen detalladamente a través de observaciones de campo, análisis de imágenes satelitales o aéreas, investigaciones geotécnicas y topográficas, y otros métodos de estudio.

La Figura 3, representa los elementos morfológicos de un movimiento en masa, donde se identifican 18 elementos: Corona, Escarpe principal, Cima, Cabeza, Escarpe secundario, Cuerpo principal, Pie, Punta, Perímetro de Pie, Punta, Superficie de falla. Pie de superficie de falla, Superficie de separación, Masa desplazada, Zona de depresión, Zona de acumulación, Masa deprimida, Flancos y Superficie Original Del Terreno.

La descripción detallada de estos elementos morfológicos es importante para la comprensión, evaluación y gestión de movimientos en masa y sus riesgos asociados. Además, esta información es crucial para la planificación del uso del suelo y la implementación de medidas de prevención y mitigación.

Figura 3

Elementos morfológicos de un movimiento en masa



Fuente: Tomado y modificado de Movimientos en masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas (p.123), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, (2007).

Como se muestra en la Figura 3, la Corona se ubica en la zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento, para Varnes (1978), generalmente presenta forma o contorno semicircular o semi rectangular y suelen presentar grietas o fisuras llamadas fisuras de corona

En la parte superior vertical o semi vertical del plano de falla se encuentra el Escarpe Principal, desplazamiento vertical del movimiento en masa

Parte del material desplazado que se localiza sobre la superficie de falla, entre el escarpe principal y el pie de la superficie de falla se denomina Cuerpo Principal, en la parte superior se halla la cabeza, que suele desarrollar una depresión con pequeñas terrazas escalonadas limitadas por escarpes.

El Pie, representa la zona del material desplazado localizado en el límite inferior de la superficie de falla, tiende a ser la zona más estrecha del movimiento y generalmente, posee una morfología levantada y abombada con fisuras o grietas. La línea de intersección entre la superficie de falla y el terreno intacto se llama pie de la superficie de falla, cubierta de material desplazado

La punta, se describe como el punto sobre el perímetro del pie que se encuentra más alejado de la corona del movimiento en masa.

La Superficie de falla o Superficie de ruptura o plano de falla, corresponde al plano más débil a lo largo del cual se rompe el material debido a que las fuerzas que actúan sobre el son superiores a la resistencia interna del material a lo largo de ese plano

Los Flancos, forman los límites laterales del movimiento y pueden ser definidos como costado izquierdo o derecho del cuerpo principal de un deslizamiento y la Superficie Original Del Terreno es la Superficie del talud o ladera que existía antes de la ocurrencia del movimiento en masa.

6. Marco Geológico

Para la elaboración del inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, se hace esencial la comprensión detallada de la geología local, la cual influye en la estabilidad del terreno, por tanto, en este apartado se presenta la información geológica de las formaciones que afloran en el área de estudio, las cuales, están representadas principalmente por el Complejo Ígneo Intrusivo-Extrusivo y la Formación Algodonal.

Salina y Daconte (1980), en su libro Geología de las planchas 66, Miraflores y 76, Ocaña, Colombia, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, refieren que el Complejo Ígneo Intrusivo-Extrusivo, comprende una fase intrusiva, cuya composición varía de granítica a cuarzo monzonítica, con etapas de volcanismo efusivo-explosivo de carácter riolítico, de igual forma, presentan diques básicos y material piroclástico. La fase intrusiva está caracterizada por cuarzo monzonita de grano fino a grueso, con escasas zonas pegmatíticas, datada como Triásico Superior Jurásico.

Para Galvis y Rodríguez (1995), citado por Servicio Geológico Colombiano (2015), la fase extrusiva datada del Cretácico temprano está constituida por riolitas, que suelen ser pórfidos riolíticos, holocristalinos a meso cristalinos, con matriz que varía de textura afanítica a granos finos, por diques básicos que están representados litológicamente por diabasas y basaltos.

En este orden, los autores citando a Arias y Vargas (1978), describen que la Formación Algodonal de origen continental está constituida por una secuencia de conglomerados poco consolidados con cantos generalmente angulares de rocas metamórficas (neises horbléndicos y cuarzos feldespáticos), ígneas con matriz arenosa color amarillo claro, con intercalaciones de arcilla gris verdosa y arenisca gris clara amarillenta, presenta estratificación cruzada.

7. Metodología

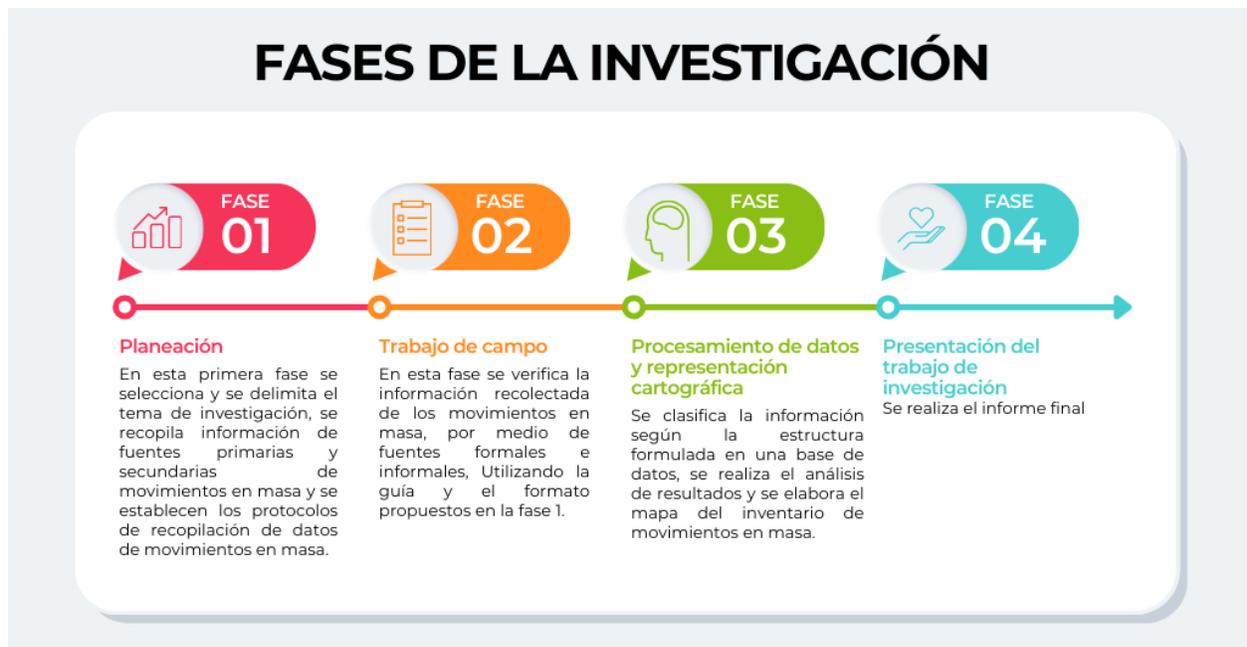
Este estudio se encuentra dentro del ámbito de la investigación documental, la cual, según Arias (2006) consiste en un procedimiento que se fundamenta en la exploración, localización, evaluación, análisis y comprensión de datos secundarios, es decir, aquellos datos que han sido recopilados y registrados por otros investigadores y que se encuentran en fuentes documentales, ya sean impresas, audiovisuales o electrónicas. Al igual que otros tipos de investigación, este enfoque tiene como objetivo contribuir a la construcción del conocimiento.

La investigación documental pertenece principalmente al enfoque cualitativo de la investigación, pero en este caso también se complementa con el enfoque cuantitativo se realizaron observaciones en el terreno, estudios de campo, uso de drone Mavic Dji 2 y el uso de sistemas de información geográfica para recopilar datos sobre el fenómeno investigado.

El estudio también se considera de diseño no experimental, por cuanto se observa un fenómeno existente tal como fue presentado, y posteriormente se analizan las categorías emergentes a partir del proceso de búsqueda, análisis y recopilación de información (Hernández, 2010).

El estudio se desarrolló en 4 fases, que permitieron cumplir con el propósito del trabajo, sus objetivos y alcances, como se muestra en la Figura 4, el proceso se dividió en etapas que se fueron desarrollando para dar cumplimiento a las preguntas formuladas en el problema de investigación y a los objetivos propuestos.

Cada fase se desarrolló de acuerdo con el cronograma de trabajo planteado.

Figura 4*Etapas de la investigación**Fuente: Autor.*

7.1. Fase 1. Planeación

En esta fase se definieron y delimitaron los objetivos de investigación y se procedió a recopilar información referente a la zona de estudio como: mapas del Servicio Geológico Colombiano, información de la base de datos Colombia en Mapas del IGAC, guías metodológicas, artículos, Plan Municipal de Gestión del Riesgo del Municipio, Plan Básico de Ordenamiento Territorial, entre otros.

Luego se recolectó información histórica de los movimientos en masa ocurridos en el periodo de estudio, para esto se acudieron a fuentes de información primarias y secundarias, clasificándolas según el grado de confiabilidad de las fuentes, como los medios de comunicación formales e informales.

Así mismo, se revisó toda la información presente en la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental sobre informes técnicos y visitas oculares relacionadas con movimientos en masa que se presentaron en el municipio, se recopiló información de entidades públicas, específicamente de la Unidad Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, Bomberos y del Sistema de Información de Movimiento en Masa (SIMMA).

De estas fuentes de información se obtuvo datos más específicos como: fecha del evento, fuente, años de las fotografías, departamento, ciudad, referentes geográficos, importancia, coordenadas del movimiento, tipo de movimiento, los efectos y/o daños sobre el territorio y observaciones sobre el movimiento.

Posteriormente de hacer una revisión bibliográfica y tener claro los procedimientos manejados en la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental, se diseñó la Guía adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa, una sección donde se presenta el documento final titulado: Guía Adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa, con su respectivo formato, siguiendo los lineamientos establecidos por el Servicio Geológico Colombiano, el manual de procedimientos para la gestión del riesgo de desastres de CORPONOR y el formato para inventario de movimientos en masa sugerido en el documento: Movimientos en masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, por Proyecto multinacional Andino: Geociencias para Comunidades Andinas, (2007) y el sistema de clasificación para movimientos en masa propuesto por Cruden y Varnes (1996).

7.2. Fase 2. Trabajo de Campo

En esta fase se verificó la información recolectada en la fase anterior, se recopilaron datos a mayor detalle de cada movimiento en masa, como: los rasgos geomorfológicos indicativos de inestabilidad, actividad, tipo, subtipo, partes, dirección del movimiento, litología, cobertura y uso

del suelo. Cada movimiento en masa se clasificó siguiendo el sistema de clasificación propuesto por Cruden y Varnes (1996).

Así mismo, se localizaron los movimientos en masa en el mapa base de la cartografía urbana de Ocaña a escala 1:7.500 disponible en el Plan Básico de Ordenamiento territorial del Municipio de Ocaña, por Alcaldía Municipal de Ocaña (2015).

Considerando la situación de orden público del municipio y otros factores, los cuales representaron un obstáculo en el desarrollo de esta fase para algunas zonas, se optó por realizar imágenes aéreas con Dron DJI Mavic Air 2 y la implementación de herramientas de software como Google Earth Pro, que permitieron la verificación y reconstrucción de escenarios para estas zonas de difícil acceso.

En esta fase se utilizó la guía adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa y su respectivo formato, propuesto en la fase 1.

7.3. Fase 3. Procesamiento de Datos y representación Cartográfica

En esta fase, se establece una base de datos en Microsoft Excel para la digitalización de los datos recolectados, que facilitó el manejo de información específica como: la fecha de ocurrencia del movimiento en masa, municipio, comuna, tipo y subtipo de movimiento, litología, daños producidos por el movimiento, entre otros.

Determinada la base de datos, se generaron gráficos y tablas mediante las herramientas de Microsoft Excel, y posteriormente se analizó la información obtenida, permitiendo una comprensión completa del área de estudio e identificando tendencias en la ocurrencia de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña.

Igualmente, se elaboró el mapa de inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander sobre el mapa base de la cartografía urbana

de Ocaña a escala 1:7.500 disponible en el Plan Básico de Ordenamiento territorial, Alcaldía Municipal de Ocaña (2015), se usaron software como Microsoft Excel, Google Earth pro y Arcgis 10.5, cada movimiento en masa se cartografió individualmente obteniendo una mejor identificación de cada uno, en el cual se especificó el tipo de movimiento. Se optó por una escala detallada 1:7.500, la cual se considera como adecuada para la localización de procesos denudativos, como lo son los movimientos en masa y para la aplicación de estudios en áreas urbanas (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

7.4. Fase 4. Presentación del trabajo final

En esta fase, se digitalizó toda la información recolectada durante el tiempo del desarrollo del proyecto, organizando las fichas de trabajo con el fin de facilitar la integración de todos los contenidos en el documento final, el cual incluyó los resultados, análisis, mapas, conclusiones y recomendaciones.

8. Análisis y Resultados

En esta capítulo se presentan los resultados obtenidos según los objetivos planteados en este proyecto, iniciando con el inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander, en el período 2018-2022

8.1 Caracterización de los movimientos en masa, municipio de Ocaña, periodo 2018-2022

La tabla 1, condensa la lista de movimientos informados y la fuente que reporta el evento

Tabla 1

Relación de eventos de movimientos en masa, reportados en el periodo 2018-2022, Ocaña, Norte de Santander.

Fuente de información	Nº de movimientos registrados.
Consejo Municipal de Gestión de Riesgos y Desastres (CMGRD)	17
Comunidad	18
CORPONOR	47
Google Earth	19
Instituto Nacional de Vías INVIAS	3
Medios de comunicación	4
El sistema de información de movimientos en masa, SIMMA	3
La Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (UMGRD)	32
Total	143

Fuente: Autor.

De estos 143 movimientos en masa identificados, el 83% fue verificado en campo y se realizó la reconstrucción de algunos escenarios de movimientos en masa por medio de imágenes satelitales de Google Earth Pro, los cuales se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2

Movimientos en masa verificados en campo, periodo 2018-2022, Ocaña, Norte de Santander.

Verificación en campo	N° de movimientos registrados	Porcentaje
No	25	17%
Si	118	83%
Total	143	100 %

Fuente: Autor.

Esta información se registró en una base de datos creada en Microsoft Excel, la cual está conformada por 17 campos donde se incluyeron aspectos relacionados a la identificación del movimiento, como: fecha del movimiento, fuente de información, comuna, coordenadas, altitud, tipo de movimiento, subtipo, litología, material, unidad geomorfológica, pendiente, importancia, apreciación del riesgo, verificación en campo y observaciones. En esta base de datos se consignó información detallada de los movimientos en masa que se presentaron dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña durante el período de estudio 2018-1022.

8.2 Resultados del proceso de Caracterización de los movimientos en masa

Delimitada la base de datos, se procede a caracterizar los tipos de movimientos en masa y sus subtipos identificados, se determina el tipo de material que estos movimientos desplazaron, la formación geológica en la que se manifestaron, su relación con la geomorfología y su impacto en la región del perímetro urbano del municipio Ocaña, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Tipos de movimientos en masa identificados en el período de tiempo 2018-2022, municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Tipo de movimiento	N° de movimientos registrados	Porcentaje
Caída	64	45%
Deslizamiento	68	48%
Flujo	5	3%
Reptación	1	1%
Volcamiento	5	3%
Total	143	100%

Fuente: Autor.

En este aspecto se observa que los dos tipos de movimiento más comunes son caídas y deslizamientos, que representan el 45% y el 48% respectivamente del total de movimientos registrados; el tercer tipo de movimiento en masa más común es flujo, representando el 3 % del total, la reptación y el volcamiento son menos comunes y representan cada uno el 1 % del total de movimientos registrados.

De igual manera se clasificaron los subtipos de movimientos de masa. Esta clasificación se realiza bajo el sistema de clasificación de Cruden y Varnes (1996).

Tabla 4

Subtipos de movimientos en masa en el período de tiempo 2018-2022, municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Subtipo de movimiento en masa	N° de movimientos registrados	Porcentaje
Caída de detritos	10	7%
Caída de roca	3	2%
Caída de tierra	51	36%
Deslizamiento rotacional	27	19%
Deslizamiento traslacional	41	28%
Flujo de tierra	5	3%
Reptación	1	1%
Volcamiento de detritos	4	3%
Volcamiento en bloque	1	1%
Total	143	100%

Fuente: Autor.

En el análisis de los subtipos de movimientos en masa registrados en el área de estudio, se observa que la caída de tierra se destaca como el fenómeno más frecuente, constituyendo el 36% del total de movimientos documentados, con un total de 51 casos, seguidos de los deslizamientos traslacionales, representando el 28% de los eventos registrados, con un total de 41 casos. Los deslizamientos rotacionales son el 19 % de los casos.

Aunque menos comunes, los flujos de tierra se presentan en un 3% de los movimientos identificados. En contraste, la caída de detritos y la caída de roca son menos frecuentes, representando el 7% y el 2%, respectivamente. Los subtipos de reptación y volcamiento en bloque

son los menos comunes, contribuyendo solo con un 1% cada uno de los movimientos registrados. Por último, el volcamiento de detritos representa el 3% de los movimientos identificados.

En la Figura 5, se presenta registro fotográfico de los subtipos de movimientos en masa ocurridos en diferentes sectores del municipio de Ocaña

Figura 5

Registro fotográfico Subtipos de movimientos masa, municipio de Ocaña.



Nota. a) Deslizamiento traslacional b) Caída de detritos c) deslizamiento rotacional. d) Flujo de tierra. Fuente: Autor.

Otro aspecto correspondió a la frecuencia anual de los movimientos en masa. El análisis de estos datos muestra la cantidad de tipos de movimientos en masa (Caída, Deslizamiento, Flujo,

Reptación y Volcamiento) registrados en cada uno de los años del período 2018-2022, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5

Frecuencia anual de los movimientos en masa el período de tiempo 2018-2022, municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Fecha	Caída	Deslizamiento	Flujo	Reptación	volcamiento
2018	11	13	1	0	2
2019	7	9	0	0	0
2020	8	6	0	0	1
2021	11	11	1	0	0
2022	27	29	1	1	2
Total	64	68	3	1	5

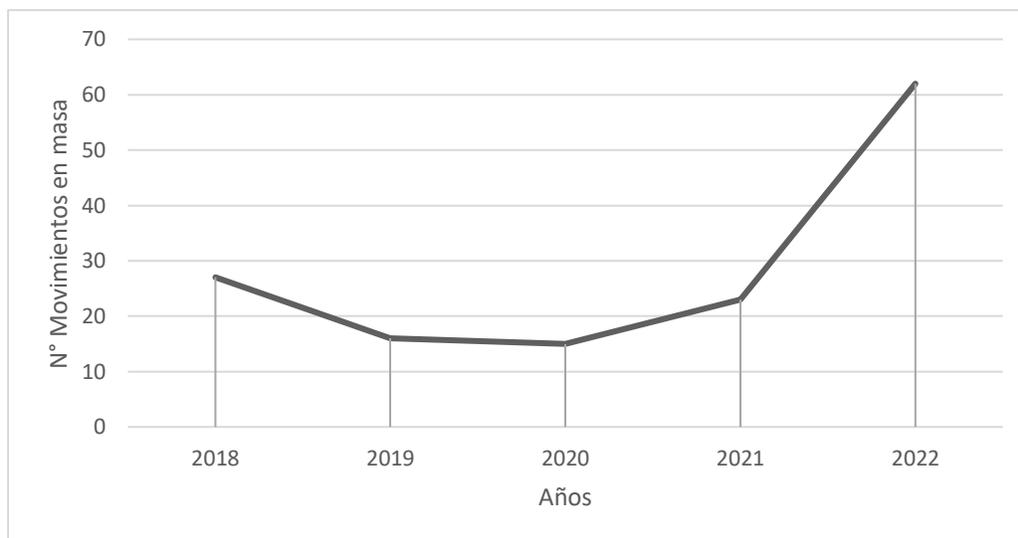
Fuente: Autor.

Como se ilustra en la tabla 5, los tipos de movimiento más comunes en estos cinco años son caídas y deslizamientos, con 64 y 68 casos respectivamente. Estos dos tipos de movimiento tienen una frecuencia significativamente mayor en comparación con los demás. Por otra parte, los flujos, reptaciones y volcamientos son los tipos de movimiento en masa menos comunes en comparación con caída y deslizamiento. Los flujos y los volcamientos tienen una frecuencia bastante baja, mientras que la reptación apenas se registra en algunos años.

En promedio, se presentan 12.8 casos de caída, 13.6 casos de deslizamiento, 0.6 casos de flujo, 0.2 casos de reptación y 1 caso de volcamiento por año.

Figura 6

Número de movimientos en masa reportados en el período 2018-2022



Fuente: Autor

En la Figura 6, se observa que el número de movimientos en masa tiende a fluctuar de un año a otro, sin embargo, no se evidencia que exista una tendencia clara de aumento o disminución en el número total de movimientos en masa durante este período de cinco años

El tipo de material transportado por cada movimiento en masa, también se incluyó en la caracterización, reportado en la tabla 6, esta se realiza teniendo en cuenta la clasificación propuesta por Cruden y Varnes (1996), e incluye la formación geológica a la que pertenece el material transportado.

Tabla 6

Tipos de movimientos en masa en función de los materiales involucrados y la formación geológica

Tipo de movimiento	Formación Geológica						Total
	Formación Algodonal			Fm. Complejo Ígneo Intrusivo			
				Extrusivo			
	Materiales						
	Roca	Detritos	Tierra	Roca	Detritos	Tierra	
Caída	2	7	20	6	7	22	64
Deslizamiento	4	10	24	5	8	17	68
Flujo	0	0	2	0	0	3	5
Reptación	0	0	1	0	0	0	1
Volcamiento	0	1	2	1	1	0	5
Total	6	18	49	13	16	41	143

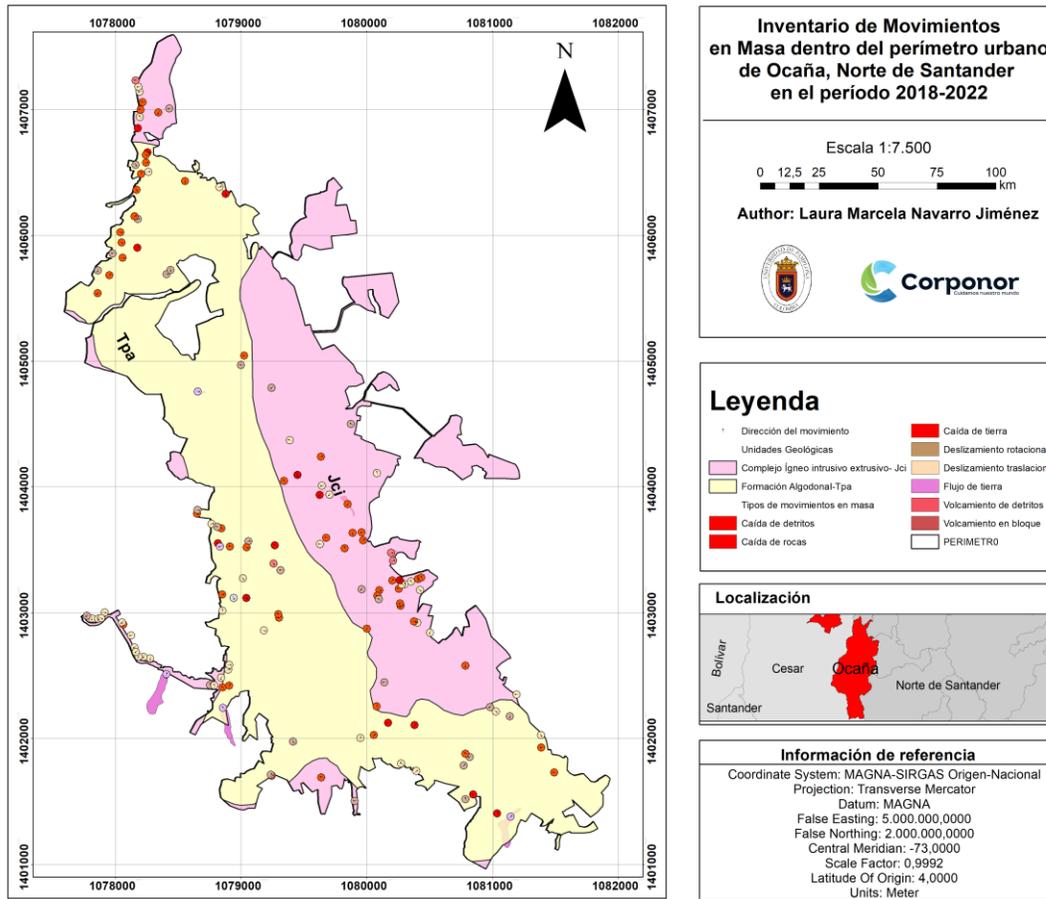
Fuente: Autor.

De acuerdo con los datos recopilados en el inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander, las caídas son el tipo de movimiento que mayor cantidad de tierra desplazan, seguido de los deslizamientos, flujos y reptación. Los movimientos de roca y detritos están relacionados con deslizamientos, caídas y volcamientos. Particularmente, en el periodo de estudio de este proyecto, los movimientos en masa tipo flujo solo se han presentado en tierra.

En general, Los materiales de tipo "tierra" son los más comunes en todos los casos y formaciones geológicas, lo que sugiere que los movimientos en masa que involucran tierra son predominantes en la región estudiada. Por otra parte, los materiales de tipo "roca" y "detritos" también se registran, aunque en menor cantidad.

Figura 7

Distribución espacial de los movimientos en masa sobre el mapa geológico del perímetro urbano del municipio de Ocaña.



Fuente: Tomado y modificado de Geología de la Plancha 076 Ocaña, por INGEOMINAS. (1980).

En la Figura 7, se observa la distribución espacial de los movimientos en masa en las unidades geológicas que afloran dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña.

Específicamente, en el Complejo Ígneo Intrusivo-Extrusivo, se presenta una variación en los tipos de movimientos. Aquí, los movimientos de caída son los más predominantes, con un total de 35 casos registrados, seguidos por los deslizamientos, que suman 30 casos. Es importante destacar que en esta formación no se han registrado movimientos de flujo y el tipo de material que más se desplazó fue “tierra”.

Los movimientos en masa que desplazaron material tipo roca en la formación geológica en cuestión se presentaron en macizos rocosos compuestos por granitos y riolitas. En cuanto a la composición de los macizos rocosos, el granito se compone de cuarzo, feldespatos, plagioclasas y, en menor proporción, biotita. Este tipo de roca se caracteriza por su textura fanerítica con cristales de tamaños medio, holocristalino.

Por otro lado, la riolita está compuesta principalmente por cuarzo y feldespatos. Su textura es porfirítica con matriz afanítica y presenta cristales finos.

En cuanto a la meteorización, tanto el granito como la riolita exhiben un grado de meteorización que varía de moderado a alto.

En lo que respecta a las estructuras geológicas, se ha identificado la presencia de diferentes familias de diaclasas (fracturas) en los macizos rocosos. Estas estructuras geológicas pueden facilitar la meteorización al permitir que el agua y otros agentes meteorológicos penetren más fácilmente en las rocas, acelerando así su descomposición.

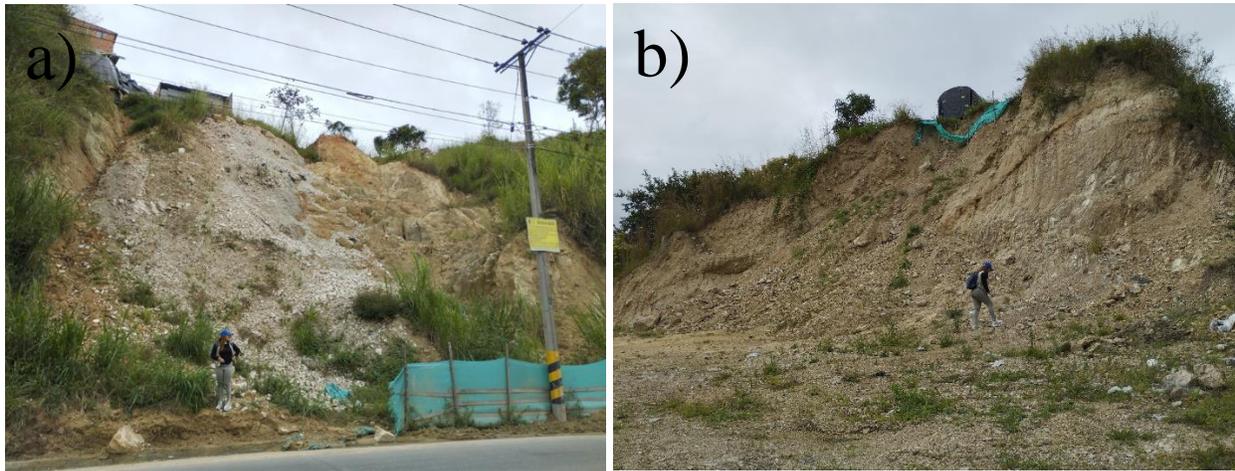
Los movimientos en masas que desplazaron material de tierra se dieron en suelos arenosos, areno arcillosos y areno limosos, pertenecientes a saprolito y suelos residuales de espesores menores de 1m hasta espesores de 8 metros aproximadamente.

En particular, la densidad de los suelos arenosos es suelta y tienen espesores relativamente pequeños, lo que facilita el deslizamiento de estos suelos durante los periodos de lluvias o precipitaciones intensas, por tanto, son más susceptibles a movimientos en masa.

La Figura 8, muestra evidencia fotográfica sobre tipos Movimientos en masa que desplazaron materiales del Complejo Ígneo Intrusivo-Extrusivo

Figura 8

Movimientos en masa con desplazamiento de material del Complejo Ígneo Intrusivo-Extrusivo



Nota. En la Figura se aprecian a) Deslizamiento traslacional de roca. b) Deslizamiento traslacional de rocas y detritos. Fuente: Autor

Así mismo, en la Formación Algodonal, la mayoría de los movimientos en masa involucraron materiales de tipo tierra, los deslizamientos son los más comunes, los cuales presentaron 38 casos, seguidos de las caídas con 20, Igualmente hay una pequeña cantidad de movimientos de tipo flujo y volcamiento.

Por otro lado, los tipos de suelos desplazados provenientes de esta formación son: gravas limosas, suelos areno arcillosos y suelos residuales arcillosos.

En esta formación se observó la presencia de procesos erosivos intensos, manifestados por escurrimientos, surcos y cárcavas, se evidenció un contraste de permeabilidad entre los estratos de arcillolita y conglomerados poco consolidados que hacen parte de la Formación Algodonal, lo cual favorece la ocurrencia de movimientos en masa por pérdida de soporte lateral en los estratos de conglomerados, producto de ciclos de humedecimiento y secado en los estratos de arcilla, los cuales están sujetos a los períodos de lluvia.

Figura 9

Movimientos en masa que desplazaron materiales de la Formación Algodonal



Nota. a) Deslizamiento traslacional de tierra. b) Caída de tierra, se evidencia erosión superficial manifestada por cárcavas. *Fuente:* Autor.

Respecto de la geomorfología movimientos en masa, el rango de pendiente más común dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña es el de 12-25% (pendiente fuertemente inclinada), que abarca aproximadamente el 45.38% del área total de la localidad. Además, se identifican áreas considerables con pendientes en los rangos de 3-7% (pendiente ligeramente inclinada) y 7-12% (pendiente moderadamente inclinada), representando el 11.89% y el 21.96% del área total, respectivamente.

De igual forma, pendientes como 0-3% (plana) y 25-50% (pendiente ligeramente escarpada), tienen presencia en el área urbana, su contribución relativa es menor. Por otro lado, los terrenos con pendientes más pronunciadas, como 50-75% (Pendiente moderadamente escarpada) y >75% (pendiente fuertemente escarpada), se encuentran en proporciones notablemente reducidas.

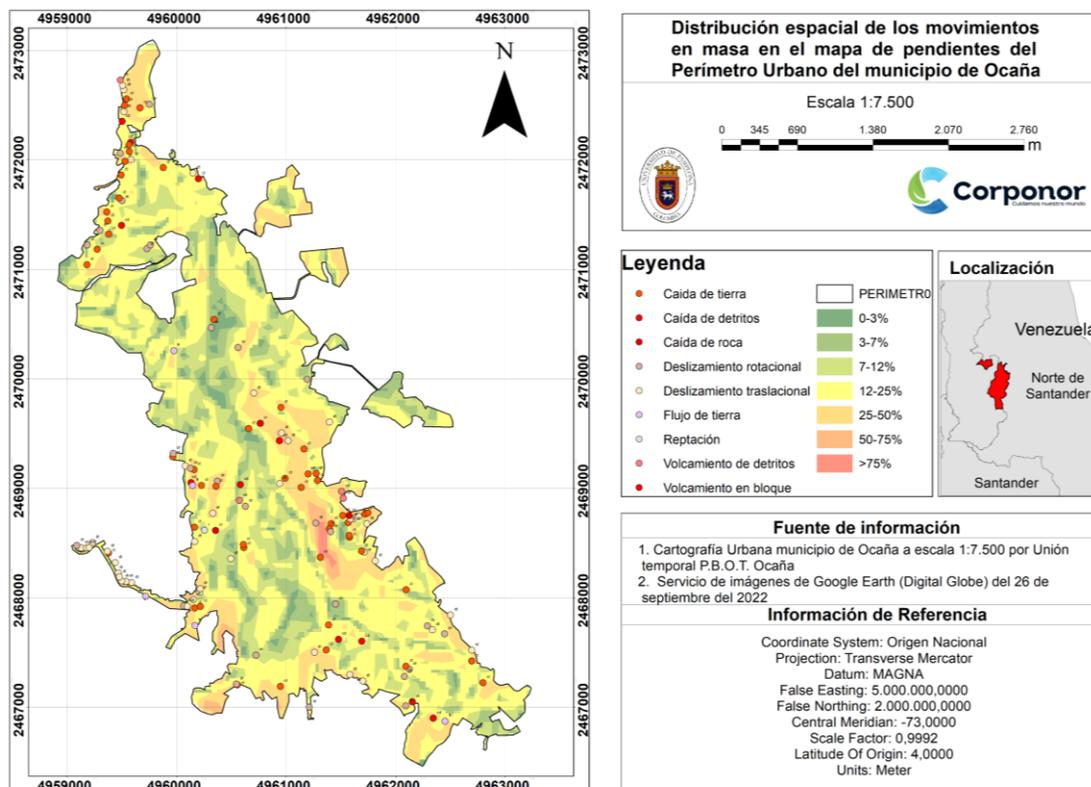
En este contexto, se observó la distribución de movimientos en masa en áreas con diferentes inclinaciones, en las que se pudo realizar las siguientes consideraciones: en el rango de pendiente 0-3%, se registró solamente un movimiento, en el rango de pendiente 12-25% presenta

la mayor cantidad de movimientos, con un total de 66 registros, lo que indicó que la mayoría de las actividades ocurren en áreas con pendientes moderadamente escarpadas.

Además, el rango de 25-50% mostró un número significativo de movimientos, con 47 registros y en el caso de la pendiente 3-7% se registraron 7 movimientos, señalando que la ocurrencia de movimientos en masa en este rango de pendiente es menos común en comparación con las anteriores. Por último, tanto los rangos de pendiente 50-75% como 7-12% registran 11 movimientos cada uno. La distribución espacial de los movimientos en masa en el mapa dependientes del perímetro urbano del municipio se visualiza en la Figura 10.

Figura 10

Distribución espacial de los movimientos en masas según los rangos de pendientes



Fuente: Autor.

De acuerdo con el mapa se percibe que no existe una relación clara entre la distribución de los movimientos en masa y un aumento en los rangos de pendientes, no se evidenció un aumento continuo en el número de movimientos a medida que la pendiente se vuelve más empinada. Sin embargo, la pendiente representa un factor condicionante para la ocurrencia de los movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, donde la tendencia observada indica que las áreas con pendientes moderadamente escarpadas, específicamente en el rango de 12-25%, son las más propensas a experimentar movimientos en masa.

Por otra parte, según el Servicio Geológico Colombiano (2015), en el área de estudio se reconocen dos ambientes geomorfológicos distintos: el ambiente denudacional y el ambiente estructural.

El ambiente denudacional está caracterizado por tres unidades geomorfológicas específicas, que son los lomeríos muy disectados (Dlmd), los lomeríos disectados (Dldi) y la colina residual disectada (Dcrd). Estas unidades exhiben características notables, como cimas de forma estrecha que varían de agudas a redondeadas, laderas que pueden ser cortas o moderadamente largas, y pendientes que van desde planas a moderadamente escarpadas. Su formación se debe a procesos de denudación intensos que han resultado en una alta disección del terreno y la creación de valles en forma de V (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Además, estas áreas se caracterizaron por la mayor cantidad de movimientos de masa registrados, entre los que se destacaron los deslizamientos traslacionales, deslizamientos rotacionales y caídas, particularmente en lugares con pendientes moderadamente a fuertemente inclinadas.

Por otro lado, el ambiente estructural está representado por una única unidad geomorfológica conocida como espolón bajo de longitud corta (Sescb), el cual se caracteriza por

tener una forma alomada y estar delimitado por drenajes (Servicio Geológico Colombiano, 2015). En esta área, la ocurrencia de movimientos en masa es menor, sin embargo, se presentaron deslizamientos traslacionales y caídas de tierras, que ocurrieron en pendientes moderadamente escarpadas.

Finalmente, el desarrollo urbanístico en el perímetro urbano del municipio de Ocaña es uno de los factores detonantes de los movimientos en masa, la construcción de viviendas sin planificación alguna sobre las unidades geomorfológicas anteriormente nombradas y zonas de pendiente, determinan la ocurrencia de los movimientos en masa, en este caso la geomorfología de la zona urbana del municipio de Ocaña representa un factor condicionante.

Respecto a la importancia de los movimientos en masa, este análisis se centró en la clasificación de diferentes movimientos en masa (Caída, Deslizamiento, Flujo, Reptación y Volcamiento), en tres categorías de importancia: Alta, Baja y Media, que se identificaron según la apreciación del riesgo de cada movimiento, en la categoría Alta, se agruparon aquellos movimientos que tienen una gran magnitud en relación al tamaño, velocidad y los elementos expuestos (riesgos en casas, personas y vías). En la categoría baja se clasifican los movimientos inactivos que no han presentado actividad en el último periodo de lluvias y no se presentan elementos expuestos y no generan algún riesgo de desastre.

Tabla 7

Categorización en Importancia de los movimientos en masa

Importancia	N° de movimientos en masa	Porcentaje
Alta	16	11%
Baja	76	53%
Media	51	36%
Total	143	100%

Fuente: Autor

Los datos presentados en la tabla 7, permite identificar 16 movimientos de alta importancia, lo que equivale al 11% del total de casos registrados. Por otro lado, la mayoría de los movimientos en masa fueron catalogados como de baja importancia, sumando un total de 76 eventos, lo que representa el 53% del conjunto de datos. Así mismo, se observaron 51 movimientos en masa de importancia media, lo que constituye el 36% del total de eventos analizados.

Sobre la distribución de los movimientos en masa por comunas, permitió obtener una visión general de la distribución y ubicación de los diferentes tipos de movimientos en masa localizados en las comunas del municipio de Ocaña, que permiten identificar las áreas que pueden ser más propensas a ciertos tipos de movimientos en masa. Esta ubicación se presenta en la tabla 8.

Tabla 8

Tipo de movimientos en masa por comuna

Tipo de movimiento	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6
Caída	4	19	12	10	1	18
Deslizamiento	1	14	12	26	1	14
Flujo	0	0	1	4	0	0
Reptación	0	0	0	1	0	0
Volcamiento	1	2	0	1	0	1
Total	6	35	25	42	2	33

Fuente: autor

Los datos de la tabla 8, muestran una variabilidad significativa en la cantidad y distribución de estos eventos. En La Comuna 2 se presenta la mayor cantidad de movimientos de tipo caída, registrando un total de 19 casos, seguida por la comuna 6, que reportó 18 movimientos de este

tipo. En contraste, las comunas 1, 3, 4 y 5 presentaron números significativamente menores de movimientos de caída, con 4, 12, 10 y 1 casos respectivamente.

En cuanto a los movimientos de tipo deslizamiento, la comuna 4 tuvo la mayor cantidad de casos, registrando un total de 26, seguida por la comuna 2 con 14 casos. Las comunas 1, 3, 5 y 6 reportaron cantidades más bajas de movimientos de deslizamiento, oscilando entre 1 y 14 eventos. Además, la comuna 4 fue la única en la que se presentaron movimientos de tipo flujo, con 4 casos registrados, de igual forma solo se registró un caso de movimiento de tipo reptación.

En cuanto a los movimientos de tipo Volcamiento, la comuna 2 presentó la mayor cantidad de este tipo de movimiento, reportando 2 casos, seguida de la comuna 1 con 1 caso. Las comunas 4 y 6 también informaron 1 caso cada una, mientras que las comunas 3 y 5 no tienen casos de este tipo de movimiento.

En general, se observa que las comunas 4, 6 y 2 se destacan por reportar la mayor cifra de movimientos en masa, teniendo como característica en común un desarrollo urbanístico no planificado. Este fenómeno ha propiciado la formación de asentamientos humanos, principalmente invasiones irregulares, las cuales han transformado totalmente el medio natural, ocasionando con esto cambios en el uso de suelo y una degradación casi total de la cobertura vegetal de la zona, lo que contribuye a la frecuencia de movimientos en masa. Además, las condiciones sociales y económicas de la población en estas comunas también influyen en este escenario.

8.3 Mapa de inventario de movimientos en masa a escala 1:7.500

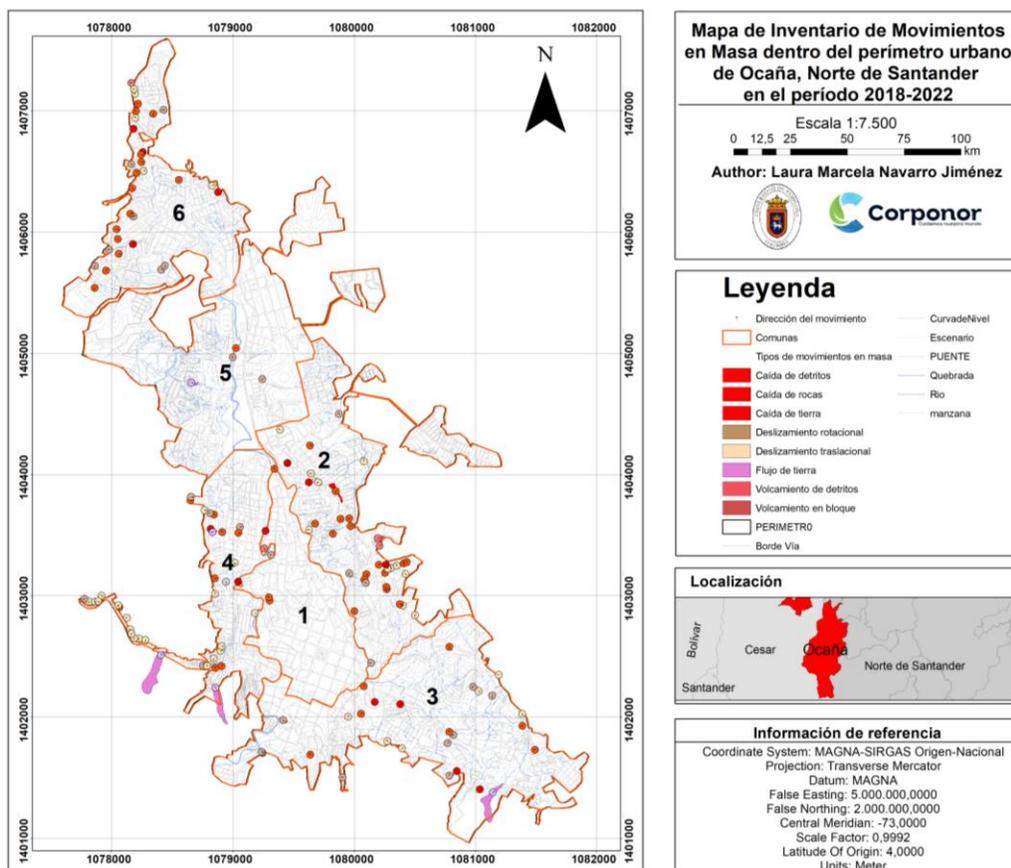
El mapa de inventario de movimientos en masa incluye toda la información de movimientos en masa registrados en el perímetro urbano del municipio de Ocaña durante el período 2018-2022, identificados a partir de información secundaria, que posteriormente se verificó en campo y en el servicio de imágenes de Google Earth pro, que permitió la reconstrucción

de algunos eventos. Este mapa de inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, 2018-2022 a escala 1:7.500.

Este mapa es una herramienta de planificación detallada (escala 1:7.500) y puede ser usado para planeamiento urbano, para la planificación de procesos de gestión de riesgo a escalas detalladas (1:10.000, 1:5.000, etc.), el análisis de ocurrencia, la ejecución de estudios y análisis de escenarios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa a escalas detalladas. El alcance de este mapa es de información y descripción, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Mapa de inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano de Ocaña, Norte de Santander, en el periodo 2018-2022.



Fuente: Autor.

Para el diseño de este mapa se utilizó el mapa base de la cartografía urbana del municipio de Ocaña, Norte de Santander a escala 1:7500, Alcaldía Municipal de Ocaña, (2015), sobre el cual se cartografiaron los 143 movimientos en masa identificados en el desarrollo de este proyecto, representando el subtipo y dirección de cada movimiento.

8.4. Guía adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa

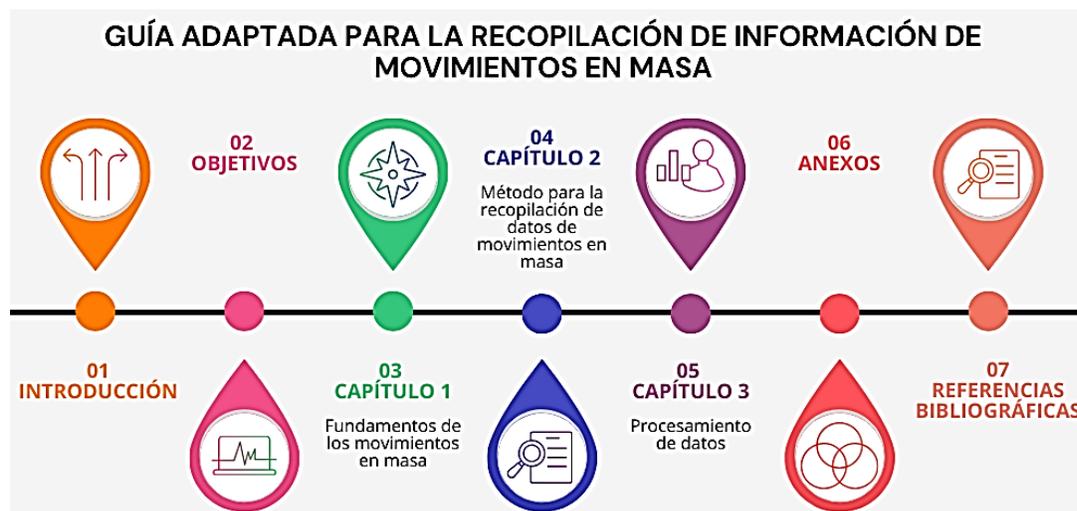
Uno de los objetivos formulados en el proyecto, lo constituye la creación de una guía adaptada de recopilación de información sobre movimientos en la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental (CORPONOR) territorial Ocaña, la cual se fundamenta en las leyes 99 de 1993, Ley General del Medio Ambiente, Ley 1523 de 2012 y Ley 388 de 1997 y demás regulaciones que establecen la necesidad de gestionar y mitigar los riesgos geológicos y ambientales en el país.

Para el presente estudio se diseñó e implementó la guía para la recopilación de información sobre movimientos en masa, que tuvo como objetivo principal proporcionar un elemento orientador con el fin de sistematizar el proceso para la recopilación eficiente, precisa y segura de datos relevantes sobre movimientos en masa, con el fin de comprender mejor estos fenómenos geológicos y tomar decisiones informadas en la gestión del riesgo en la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental (CORPONOR).

En la Figura 12, se condensan el contenido de la Guía adaptada.

Figura 12

Estructura de la guía adaptada para la recopilación de información de movimientos en masa



Fuente: Autor.

En esta guía se propuso el formato para la recopilación de información de movimientos en masa, que se presenta en la Figura 13, un instrumento diseñado de manera estructurada y sistemática para registrar datos relevantes relacionados con eventos de movimientos en masa.

Este tipo de formato se utilizó en situaciones de emergencia y desastres naturales con el propósito de capturar información de manera organizada y efectiva, el cual cumplió con las necesidades y los objetivos de la corporación planteados en el manual de procedimientos operativos de gestión del riesgo de desastres.

Figura 13

Formato para la recopilación de información de movimientos en masa, página 1.

Formato para la recopilación de información de Movimientos en Masa						CORPONOR			
Fecha de visita		Institución		Nombre del funcionario/contratista/practicante:		Código			
Localización Geográfica				Actividad del movimiento		Litología			
Coordenadas geográficas Norte/Lat.: _____ Este/Long: _____ Altitud (m.s.n.m): _____ Sistema de coordenadas: Origen Nacional		División Política Departamento: _____ Municipio: _____ Vereda o Corregimiento: _____ Barrio: _____		Edad Reciente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Relicto <input type="checkbox"/>	Estado Activo <input type="checkbox"/> Reactivado <input type="checkbox"/> Suspendido <input type="checkbox"/> Inactivo <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Abandonado <input type="checkbox"/> Estabilizado <input type="checkbox"/> Relicto <input type="checkbox"/>	Estilo Simple <input type="checkbox"/> Compuesto <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/> Sucesivo <input type="checkbox"/> Único <input type="checkbox"/>	Distribución Retrogresivo <input type="checkbox"/> Avanzado <input type="checkbox"/> Ensanchado <input type="checkbox"/> Confinado <input type="checkbox"/> Creciente <input type="checkbox"/> Decreciente <input type="checkbox"/> Móvil <input type="checkbox"/>	Descripción	
Referentes geográficos				Documentación		Información del evento			
				¿Localizado dentro de un área protegida? Si ___ No ___ Nombre del área protegida Nacional: _____ Nombre del área protegida Regional: _____		Importancia Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>		Fecha del evento: _____ Fecha de reporte: _____ Código SIMMA: _____	
Clasificación del Movimiento									
Tipo Movimiento	Suptipo Movimiento			Material		Velocidad			
Caída <input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Deslizamiento <input type="checkbox"/> Flujo <input type="checkbox"/> Propagación Lateral <input type="checkbox"/> Reptación <input type="checkbox"/>	Caída de roca <input type="checkbox"/> Caída de suelo <input type="checkbox"/> Volcam. De roca <input type="checkbox"/> Volcam. fluxural <input type="checkbox"/> Volcam. De detritos <input type="checkbox"/> Desliz. Rotacional <input type="checkbox"/> Desliz. Traslacional Planar <input type="checkbox"/> Desliz. Traslacional en Cuña <input type="checkbox"/>	Desliz. Compuesto <input type="checkbox"/> Flujo de tierra <input type="checkbox"/> Flujo de detritos <input type="checkbox"/> Flujo de toess <input type="checkbox"/> Flujo seco de arena <input type="checkbox"/> Avalancha de detritos <input type="checkbox"/> Tormentas de bloques <input type="checkbox"/> Propag. Lateral en bloque <input type="checkbox"/> Propag. Lateral por licuación <input type="checkbox"/>	Roca <input type="checkbox"/> Detritos <input type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/>	Residual <input type="checkbox"/> Sedimentario <input type="checkbox"/>	Humedad Seco <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Mojado <input type="checkbox"/> Muy Húmedo <input type="checkbox"/>	Plasticidad Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> No plástico <input type="checkbox"/>	Ext. Rápido (>5m/s) <input type="checkbox"/> Muy rápido (>3m/s) <input type="checkbox"/> Rápido (>1.8m/s) <input type="checkbox"/> Moderado (>1.3m/s) <input type="checkbox"/> Lento (>1.6m/año) <input type="checkbox"/> Muy lento (>16mm/año) <input type="checkbox"/> Ext. Lento (>16mm/año) <input type="checkbox"/>		
Morfometría				Cobertura y uso del suelo					
General		Deformación		Geoforma		Cobertura del Suelo		Uso del Suelo	
Diferencia de altura corona a punta (m) _____ Longitud horizontal corona a punta (m) _____ Pendiente de ladera en post-falla (°) _____ Pendiente ladera en pre-falla (°) _____ Dirección del movimiento (°) _____ Azimut del talud (°) _____ Longitud de la masa desplazada: _____ Longitud de la superficie de ruptura: _____ Longitud total: _____ Área Total Afectada: _____	Modo _____ Ondulación <input type="checkbox"/> Escalonamiento <input type="checkbox"/> Severidad _____ Media _____ Leve _____ Severa _____			Veg. Herbácea <input type="checkbox"/> Bosque Natural Denso <input type="checkbox"/> Bosque plantado <input type="checkbox"/> Bosque seco <input type="checkbox"/> Rastrojos <input type="checkbox"/> Construcciones <input type="checkbox"/> Coberturas sin determinar <input type="checkbox"/> Sin Cobertura <input type="checkbox"/> Cuerpo de agua <input type="checkbox"/> Cultivos <input type="checkbox"/> Pastos <input type="checkbox"/>	Ganadería <input type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Recreación <input type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Zona Industrial <input type="checkbox"/> Zona arqueológica <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Minería <input type="checkbox"/>				

Fuente: Autor.

Figura 14

Formato para la recopilación de información de movimientos en masa, página 2.

Causas del movimiento												
Factores condicionantes				Factores detonantes				Factores antrópicos				
Materiales plásticos débiles				Movimiento tectónico				Excavación de laderas				
Materiales sensitivos				Periodos de Lluvias intensas				Irrigación de laderas				
Materiales colapsables				Precipitación prolongada				Sistemas de drenajes defectuosos				
Materiales meteorizados físicamente				Viento				Imposición de cargas en el borde de laderas				
Materiales meteorizados químicamente				Rompimiento de reservorios				Rellenos no técnicos				
Materiales fisurados o diaclasados				Erosión de la base del talud				Disposición deficiente de estériles/escombros				
Orientación desfavorable de discontinuidades				Erosión superficial				Minería				
Contraste de permeabilidad de materiales				Erosión fluvial				Vibración artificial				
Contraste de rigidez de materiales				Descenso de los niveles de inundación								
Meteorización por expansión/contracción				Socavación del pie del talud por corriente agua								
Deforestación o remoción de vegetación				Socavación de márgenes de ríos								
				Erosión subterránea								
Daños												
Población			Tipo de Daños						Apreciación del riesgo			
Número de muertos: _____			IN	AE	DA	Tipo	Unidad de medida	DL	DS	DM	DT	Valor
Número de heridos: _____												
Número de damnificados: _____												
Convenciones												
DL	Daño leve											
DS	Daño severo											
DM	Daño moderado											
DT	Daño total											
IN	Infraestructura											
AE	Actividades económicas											
DA	Daños Ambientales											
Perfil						Planta			Observaciones			

Fuente: Autor

9. Conclusiones y Recomendaciones

Mediante los datos recopilados por medio de fuentes secundarias y trabajo de campo se realizó el mapa de inventario de movimientos en masa dentro del perímetro urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander en el período 2018-2022 a escala 1:7.500, el cual proporcionó una representación visual de la distribución espacial de los movimientos en masa identificados, donde se observa que las comunas más afectadas son Cristo Rey (Comuna 4), Olaya Herrera (Comuna 6) y Francisco Fernández de Contreras (Comuna 2). Además, contiene información sobre los subtipos de movimientos en masa y la dirección en la que el material se desplazó.

La construcción de la base de datos de movimientos en masa, ocurridos en el período de tiempo 2018-2022, proporciona una fuente de información que puede utilizarse para una variedad de propósitos. El análisis de estos datos revela que la interacción entre el desarrollo urbano no planificado, la geomorfología del área y las condiciones socioeconómicas de la población contribuyen de manera significativa a la ocurrencia de movimientos en masa en el municipio de Ocaña. Esta información puede ser determinante en la formulación de estrategias de mitigación que reduzcan la ocurrencia de desastres naturales relacionadas con el movimiento de masas. La base de datos constituye una herramienta para planificar y coordinar respuestas a eventos futuros por parte de las autoridades locales.

Adaptar una guía a los requisitos de la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental CORPONOR, para la recopilación de datos sobre movimientos en masa ha sido un avance significativo en la gestión y planificación de proyectos en la Provincia de Ocaña y del Catatumbo. Esta adaptación contextualizada mejora la relevancia y utilidad de la guía al abordar los desafíos y oportunidades específicos de la región, facilitando la alineación de procesos y procedimientos

con las políticas y regulaciones regionales, promoviendo una gestión ambiental más eficiente dentro de la jurisdicción de CORPONOR.

El uso del formato propuesto en esta guía agiliza la recopilación de información, convirtiéndose en una herramienta esencial para la preparación y respuesta ante eventos de movimientos en masa. Se recomienda a la autoridad ambiental, mantener el inventario de movimientos en masa actualizado de manera regular, ya que nuevos eventos pueden ocurrir después del período de estudio, aplicando el proceso propuesto en la guía adaptada para la recopilación de movimientos en masa en el formato propuesto.

De igual manera es recomendable, establecer un sistema de monitoreo en los movimientos en masa catalogados como de importancia alta. Esto permitirá una detección temprana de cambios en las condiciones del terreno que podrían desencadenar movimientos en masa y tomar medidas preventivas.

Realizar evaluaciones periódicas del impacto del inventario en la toma de decisiones y en la reducción de riesgos, permitirá ajustar y mejorar continuamente el enfoque y la utilidad del proyecto.

10. Referencias

- Aguilar, A. M., Bedoya, G., Hermelin, M. (2008). *Inventario de los Desastres de Origen Natural en Colombia, 1996-2007. Limitantes, tendencias y necesidades*. Departamento de Geología, Universidad EAFIT, Medellín.
- Alcaldía Municipal de Ocaña. (2015). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Municipio de Ocaña*. Secretaría de planeación.
- Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, C. M. G. R. D. (2012). Plan Municipal de la Gestión del Riesgo Municipio de Ocaña Norte de Santander.
- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica..* Sexta Edición. Editorial: Episteme.
- Aristizábal E., Martínez H., Vélez, J. I. (2012). *Una revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.
- Aristizábal, E., Gómez, J. (2007). *Inventario de Emergencias y Desastres en el Valle de Aburrá. Originados por fenómenos naturales y antrópicos en el periodo 1880-2007*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/22753>
- Banco Mundial (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas*. Bogotá.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1523 del 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 y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 48411.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1523 del 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 y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 48411. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental, CORPONOR (2021). *Acta De Visita Técnica (MPO-05-F-03-7- Versión 2)- 28/09/2021*. Subdirección de Cambio Climático y Recurso Hídrico, Cúcuta.
- Cruden D., Varnes D. (1996). *Chapter 3: Landslide Types and Processes. En Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report - National Research Council, National Academy of Sciences*.

- Cruden D. M. (1991). *A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 43(1). doi:10.1007/BF02590167
- Hermelin, M. (2016). *Geomorphological Landscapes and Landforms of Colombia. En World Geomorphological Landscapes*. Colombia. doi:10.1007/978-3-319-11800-0_1
- Hernández, G. E. G. (2010). *Procedimientos metodológicos básicos y habilidades del investigador en el contexto de la teoría fundamentada*. Iztapalapa Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 31(69/2), 17-39.
- INGEOMINAS. (1980). *Geología de la Plancha 076 Ocaña a escala 1:100.000*. Bogotá.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional.
- Montero Olarte J.M (2017). *Clasificación de Movimientos en Masa y su Distribución en Terrenos Geológicos de Colombia*. Libros del Servicio Geológico Colombiano. Bogotá D.C: Imprenta Nacional de Colombia. doi:<https://doi.org/10.32685/9789585978218>
- Munilla Giménez V. (2023). *Deslizamientos de tierra: qué son, causas y consecuencias*. GeoEnciclopedia.
- Salinas E. R., Daconte B.R. (1980). *Geología de las Planchas 66 Miraflores y 76 Ocaña a escala 1:100.000. Memoria Explicativa. Bucaramanga*. https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11362&shelfbrowse_itemnumber=11266
- Servicio Geológico Colombiano. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000*. Libros del Servicio Geológico Colombiano. Recuperado a partir de <https://libros.sgc.gov.co/index.php>.
- Servicio Geológico Colombiano. (2017). *Las Amenazas Por Movimientos En Masa De Colombia, Una Visión a Escala 1:100.000*. Libros del Servicio Geológico Colombiano. Bogotá D.C: Imprenta Nacional de Colombia. <https://doi.org/https://doi.org/10.32685/9789589952856>
- Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Memoria Explicativa Del Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos En Masa Escala 1:100.000 Plancha 076-Ocaña*. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá D.C., Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Vargas P I, G. (2000). *Criterios Para La Clasificación y Descripción De Movimientos En Masa. Boletín De Geología*.
- Varnes, D. J. (1978). *Slope movement types and processes. Special report*, 176, 11