



**INVENTARIO DE PUNTOS CRÍTICOS FRENTE A FENÓMENOS
AMENAZANTES BAJO LA JURISDICCIÓN DE CORMACARENA EN EL
DEPARTAMENTO DEL META DURANTE EL SEGUNDO PERIODO DE 2022**

GINA PAOLA GONZÁLEZ GÓMEZ

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y GEOLOGÍA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

VILLA DEL ROSARIO

2022



**INVENTARIO DE PUNTOS CRÍTICOS FRENTE A FENÓMENOS
AMENAZANTES BAJO LA JURISDICCIÓN DE CORMACARENA EN EL
DEPARTAMENTO DEL META DURANTE EL SEGUNDO PERIODO DE 2022**

GINA PAOLA GONZÁLEZ GÓMEZ

Trabajo de grado, modalidad práctica empresarial

Presentado como requisito para optar al título de

Geóloga

Director Académico

Ilich Sebastián Villamizar Solano

Director empresarial

Edwin Germán Gómez Cárdenas

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y GEOLOGÍA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

VILLA DEL ROSARIO

2022

Agradecimientos

A mi madre con su infinito apoyo y amor incondicional por ser ese motor que ha conseguido a base de esfuerzo y buen ejemplo forjar mi personalidad. A mi padre por creer profundamente en mí en momentos donde yo no me he sentido capaz de hacerlo. A mi hermana menor, la luz de mi vida y mi persona favorita y también a mi abuelita quien no ha dudado nunca en tendernos la mano y abrazarnos con su humor.

Al profesor Ilich Sebastián Villamizar, director académico, quien me orientó durante el desarrollo de mi propuesta de grado y quien se tomó el tiempo de leer con atención cada detalle y es quien me ha ayudado a crecer no solo como estudiante sino como persona y que me ha enseñado pacientemente y con cariño como un padre enseña a un hijo.

A mi “señor tutor” empresarial, Edwin Gómez, quien fue la primera persona con quien tuve contacto al llegar a la corporación y de quien recibí las nociones básicas de las funciones que se desempeñan cada día dentro del grupo, quien además siempre me orientó y atendió mis dudas con paciencia y sin presión. Poco se habla de las inseguridades que tienen quienes recién acaban de terminar sus asignaturas académicas e ingresan a la dinámica real del campo laboral después de una emergencia sanitaria como la que pasamos, pero en esta experiencia totalmente nueva para mí siempre me sentí acompañada y por eso a él también le agradezco.

A los preciosos ojos de Aquiles y Papi, quienes me observaron y acompañaron por largas jornadas y quienes fueron mi combustible y alegría día tras día, a cada uno de los profesores que impartieron sobre mí conocimiento geocientífico y anécdotas de vida durante el desarrollo de mi pregrado y finalmente a cada uno de mis amigos, con los que compartí, aprendí y descubrí muchas cosas del mundo y de mí misma a través de sus ojos.

CONTENIDO

RESUMEN	7
1 INTRODUCCIÓN	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo general	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3 GENERALIDADES	10
3.1 Localización área de estudio	10
3.2 Fisiografía	11
3.3 Hidrografía	11
4 METODOLOGÍA	12
4.1 FASE I:	12
4.1.1 Etapa 1: Búsqueda, recopilación y revisión de información bibliográfica.	
12	
4.1.2 Etapa 2: Pre-campo: propuesta y ajuste del formato para agilizar la	
captura de datos en campo para movimientos en masa.	13
4.2 FASE 2:	14
4.2.1 Etapa 3: Campo: visitas de inspección ocular en gestión del riesgo en	
puntos críticos del departamento.	14
4.2.2 Etapa 4: Sistematización y análisis de la información.....	15
4.2.3 ETAPA 5: Elaboración del informe final.....	16
5 MARCO TEÓRICO	17



5.1	Tipos de Amenaza	18
5.1.1	Inundación	18
5.1.2	Movimiento en masa	19
5.1.3	Tipos de Movimiento en masa.....	19
5.2	Marco geológico.....	20
5.2.1	Geología regional.....	22
5.2.2	Geología estructural.....	24
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
6.1	Puntos críticos en gestión del riesgo y desastres reportados durante el segundo periodo de 2022 en los meses agosto y septiembre	25
6.2	Inventario fenómenos amenazantes durante el segundo periodo de 2022 ...	29
6.3	Distribución espacial en el mapa geológico del departamento.....	32
6.4	Distribución espacial de puntos críticos en gestión del riesgo.....	35
6.5	Identificación de la amenaza más frecuente en el departamento	37
6.6	Formato propuesto para la captura de datos de movimiento en masa y su guía de diligenciamiento	39
7	RECOMENDACIONES	43
8	CONCLUSIONES.....	44
9	REFERENCIAS	46
10	APÉNDICE.....	49
11	ANEXOS.....	50

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de localización e hidrografía departamento del Meta.....	10
Figura 2 Metodología a aplicar durante la ejecución del proyecto.	12
Figura 3 Esquema de un deslizamiento traslacional, nombrado también como resbalamiento o corrimiento.	20
Figura 4 Esquema de reptación.	20
Figura 5 Correlación formaciones geológicas del Piedemonte y la Cuenca Llanos Orientales.	21
Figura 6 Margen derecha Río Guatiquía, sector El Caudal.....	25
Figura 7 Movimiento en masa Insp. San Francisco, municipio El Calvario.	26
Figura 8 Vía de acceso Insp. San Francisco, municipio El Calvario.	26
Figura 9 Afectaciones estructurales a viviendas Insp. San Francisco, municipio El Calvario.	27
Figura 10 Inundación margen derecha Río Guacavía, municipio Cumaral.....	27
Figura 11 Movimiento en masa sendero turístico vereda El Carmen, Villavicencio.	28
Figura 12 Inundación Río Cubillera, municipio Granada.	28
Figura 13 Tabla de inventario puntos críticos 2022-II Cormacarena.....	29
Figura 14 Inventario puntos críticos por fenómenos amenazantes bajo la jurisdicción de Cormacarena segundo periodo de 2022.....	30
Figura 15 Mapa geológico del departamento del Meta y sus fenómenos amenazantes periodo 2017-2022-II.....	34
Figura 16 Mapa de fenómenos amenazantes bajo la jurisdicción de Cormacarena 2017-2022-II.....	36
Figura 17 Tabla Resumen total de puntos críticos en fenómenos amenazantes por año.	37
Figura 18 Comparación cuantitativa anual de fenómenos amenazantes y su diferencia en porcentajes.	38
Figura 19 Formato para captura de datos de movimiento en masa, pág. 1	41
Figura 20 Formato para captura de datos de movimiento en masa, pág. 2	42

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo construir un inventario de fenómenos amenazantes durante el segundo periodo de 2022 en el departamento del Meta, teniendo como fin incorporar los puntos críticos en gestión del riesgo y desastres a una base de datos como parte elemental de los POT de los municipios, de acuerdo a los decretos 1807 de 2014 y 1077 de 2015 adscritos al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. La metodología a implementar incluyó una etapa de trabajo en oficina donde se propuso un formato de captura de datos en campo para movimientos en masa basada en el Formato de captura de datos del Grupo Estándares para movimientos en masa GEMMA y el formato F-GA-39 Concepto técnico V01 utilizado por Cormacarena en el 2022 y una etapa de trabajo de campo donde se obtuvo la información a partir de visitas técnicas de inspección ocular en gestión del riesgo. Asimismo, se realizó una revisión de la base de datos de la corporación durante los últimos 5 años con el fin de tener una perspectiva más amplia en cuanto a amenazas por inundación y movimiento en masa y la localización espacial de estos puntos críticos, teniendo como resultado que los fenómenos de inundación son los que se presentan con mayor frecuencia en el departamento y están asociados principalmente a los ríos Guatiquía, Guayuriba, Ariari, Guamal, Güejar y Ocoa. Por otra parte, los municipios mayormente afectados por movimientos en masa se encuentran en la zona de piedemonte, como el municipio de El Calvario, y municipios circundantes a fuentes hídricas principales.

Palabras clave: inventario, gestión del riesgo, POT, inundación, movimiento en masa.

1 INTRODUCCIÓN

Los inventarios de fenómenos amenazantes son utilizados como insumo para la actualización de planes de ordenamiento territorial de los municipios, así como los planes departamentales de gestión del riesgo y desastres. Estas acciones son indispensables para el seguimiento de amenazas y fueron consolidados a partir de la expedición de la Ley 1523 de 2012, ya que desde lo nacional a lo territorial obliga a las autoridades a formularlos. Como parte de esta reglamentación la corporación presentó el *Informe de Seguimiento a los Puntos Críticos por Amenazas Naturales (inundación, socavación lateral, avalanchas y fenómenos de remoción en masa) ubicados en el Departamento del Meta* correspondiente al periodo 2012 - 2016, siendo posible relacionar estos puntos con los consignados en la base de datos entre los años 2017 - 2021 y los inventariados a partir de las visitas técnicas por gestión del riesgo en la segunda mitad del año 2022. Se encuentra que antes no se había realizado una representación espacial en un mapa de los puntos críticos y tampoco se había hecho un informe en donde se especificara el tipo de amenaza más frecuente en el departamento, razón por la cual se organizaron tablas con los puntos críticos reincidentes por año distinguiendo aquellos en los que hay mayor incidencia de determinado tipo de amenaza, a partir de la observación de estos sobre el mapa, con el objetivo de que la sistematización de esta información pueda integrarse a planes de prevención y zonificación. Dada la división del departamento de acuerdo a sus áreas fisiográficas, es posible suponer que, hacia el oeste del Meta, compuesta por la cordillera oriental y piedemonte y además limitada por el sistema de fallas del borde llanero, se presenten con más frecuencia eventos de movimiento en masa y en la planicie oriental compuesta por abanicos, terrazas y depósitos sean más frecuentes las inundaciones.

2 OBJETIVOS

En este apartado se incluyen los objetivos a cumplir durante el desarrollo del proyecto.

2.1 Objetivo general

Generar un inventario de fenómenos amenazantes en el departamento del Meta a partir de visitas de asistencia técnica en puntos críticos que se encuentren bajo la jurisdicción de la Corporación Para El Desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena, CORMACARENA como parte de insumo para los planes de ordenamiento territorial.

2.2 Objetivos específicos

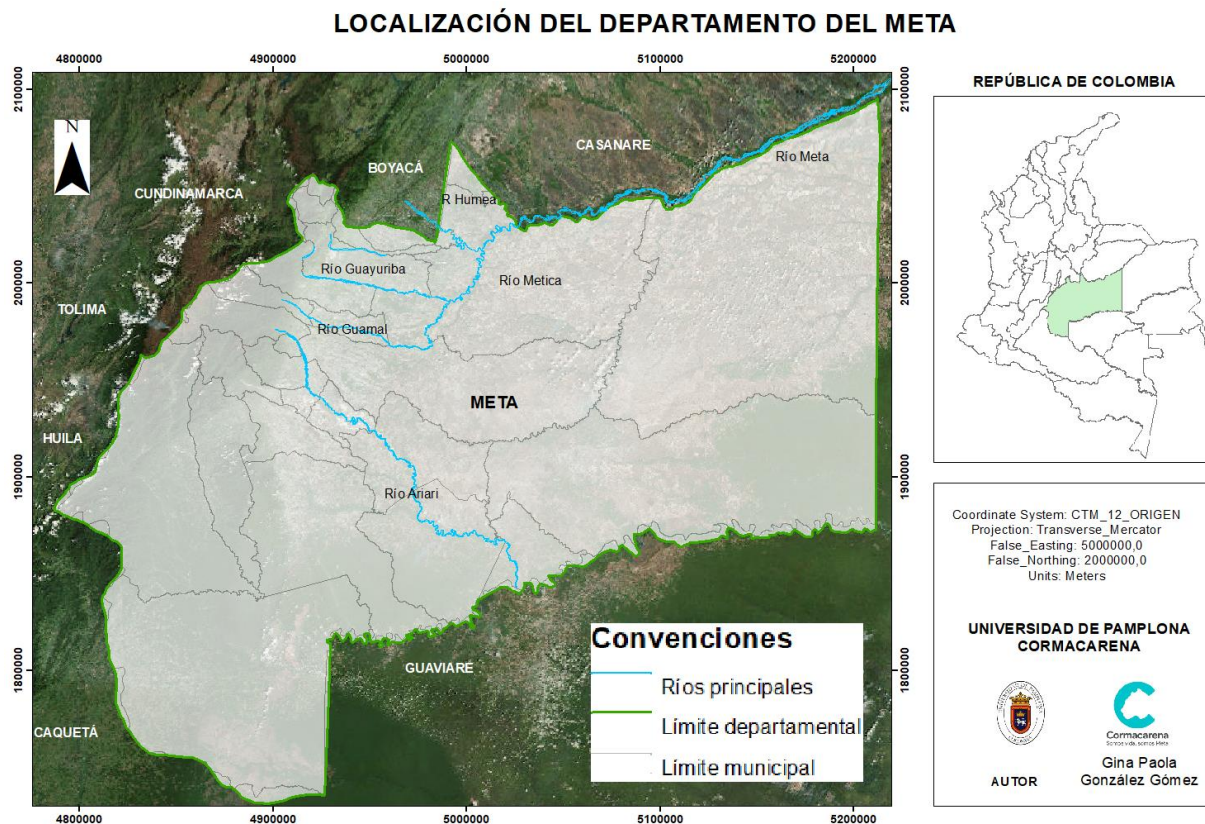
- Proponer un formato para utilizar en campo donde se compilen los datos obtenidos siguiendo el instructivo para el diligenciamiento de formato de captura de datos propuesto por el Grupo de estándares de movimiento en masa GEMMA adaptado a los lineamientos de conceptos técnicos de riesgo de la corporación y crear respectivamente una guía de diligenciamiento de ese formato.
- Identificar el tipo de amenaza más frecuente de acuerdo a la información concerniente a visitas de inspección ocular y asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómenos de movimiento en masa, inundación o avenida torrencial, según corresponda, que sean realizadas en los diferentes puntos críticos del departamento.
- Consolidar una base de datos digital donde se recopile la información obtenida referente a los distintos tipos de amenazas presentadas y generar un mapa a partir de esta para identificar los puntos en los que hay mayor incidencia de determinado tipo de amenaza.

3 GENERALIDADES

A continuación, se consignarán generalidades del área de estudio con respecto a su localización, fisiografía e hidrografía.

3.1 Localización área de estudio

Figura 1 Mapa de localización e hidrografía departamento del Meta.



Fuente: El Autor.

El Departamento del Meta está situado en el centro del país, al este de la cordillera oriental, en la región de la Orinoquía donde predominan los llanos y la selva colombiana. Limita al norte con los departamentos de Cundinamarca y Casanare, por el sur con los departamentos del Guaviare y Caquetá; por el este con el Departamento del Vichada, y por el Oeste con los Departamentos de Cundinamarca y Huila. Está integrado por 29 municipios; su capital Villavicencio, además de ser

la ciudad más grande, es el principal lugar de desarrollo del departamento y concentra la mitad de su población. (PNUD, 2016).

3.2 Fisiografía

Está formado por tres grandes regiones fisiográficas; la primera la constituye la parte montañosa representada por el flanco oriental de la cordillera Oriental, ubicada en el occidente del departamento, en límites con los departamentos de Caquetá, Huila y Cundinamarca; la segunda corresponde al piedemonte o el área de transición entre la cordillera, la llanura, y la serranía de La Macarena, ubicada en forma casi perpendicular a la cordillera Oriental. La tercera unidad fisiográfica es la planicie, sector casi plano con alturas que no sobrepasan los 200 msnm y ubicado en el centro y oriente del departamento. Esta planicie está conformada por la parte occidental del escudo Guayanés y materiales erosionados de la cordillera y depositados por los diferentes ríos que la surcan, formando colinas disectadas, terrazas y vegas. (Gobernación del Meta, 2012).

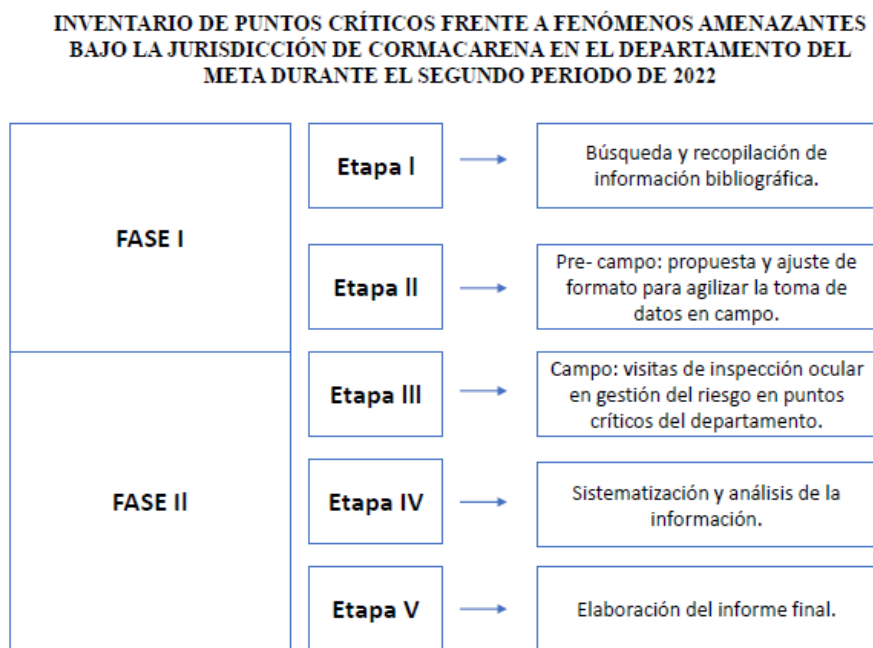
3.3 Hidrografía

El sistema hidrográfico que irriga el departamento pertenece regionalmente a la cuenca del Río Orinoco. La mayoría de sus corrientes hídricas nacen en las partes altas de la cordillera oriental y la Sierra de La Macarena y luego de recorrer la altillanura y la planicie, desembocan en el Río Orinoco. En la parte norte del departamento se encuentran los ríos Guatiquía, Guayuriba, Humea y Metica, los cuales forman la subcuenca del Río Meta y desembocan en él (Figura 1). Hacia el centro y sur del departamento se encuentra la subcuenca del Río Ariari, que drena e irriga la Sierra de La Macarena; por las características morfológicas que posee el Meta, el agua de escorrentía superficial generalmente corre por las vertientes de la cordillera en forma de riachuelos diseminados, una vez que las aguas abandonan la montaña su comportamiento cambia bruscamente distribuyéndose en canales anchos y de poca pendiente (Rodríguez, 2001).

4 METODOLOGÍA

La metodología que se implementará para la ejecución de este proyecto consta de 2 fases de desarrollo, una primera fase de trabajo de oficina, que se ha dividido en dos etapas y una segunda fase de trabajo de campo, dividida en 3 etapas, tal como se muestra en la figura 2 y que se profundizará a continuación.

Figura 2 Metodología a aplicar durante la ejecución del proyecto.



Fuente: El Autor.

4.1 FASE I:

4.1.1 Etapa 1: Búsqueda, recopilación y revisión de información bibliográfica.

Después de definir que el tema de la propuesta abarcaría la elaboración de un inventario de fenómenos amenazantes en el departamento del Meta, el primer paso fue empezar a recopilar información referente al área de estudio en las principales bases de datos del Servicio Geológico Colombiano, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento más reciente, es decir el del año 2018, así como diferentes guías

metodológicas para eventos amenazantes, también antecedentes de otros proyectos llevados a cabo en el departamento que se encuentren relacionados con la gestión del riesgo y desastres, entre estos antecedentes se tuvo en cuenta la página web de datos abiertos del gobierno nacional de Colombia.

4.1.2 Etapa 2: Pre-campo: propuesta y ajuste del formato para agilizar la captura de datos en campo para movimientos en masa.

La construcción del mismo se realizó a través del software de hojas de cálculo Microsoft Excel, el cual se basó en una combinación del Formato de captura de datos del Grupo Estándares para movimientos en masa GEMMA y el formato F-GA-39 Concepto técnico V01 utilizado por Cormacarena en el 2022 para realizar los conceptos técnicos de visita de inspección ocular a los diferentes puntos del departamento. Este formato contiene 12 ítems o apartados en los que se incluyó el encabezado haciendo referencia a la fecha de visita, interesado y nombre del profesional responsable, localización geográfica e importancia del movimiento, actividad del movimiento, posibles causas, litología y estratigrafía, morfometría, cobertura, uso del suelo, daños entre otras notas y apreciaciones. Este formato consta de dos páginas que se imprimieron antes de cada una de las visitas que contenían puntos críticos en movimiento en masa y agilizó el tiempo obteniendo datos, dicho de otra forma, es un instrumento que hizo la labor de libreta de campo.

Teniendo en cuenta que las visitas técnicas en gestión del riesgo bajo la jurisdicción de Cormacarena en el departamento son realizadas por un equipo multidisciplinario de profesionales tales como geólogos, ingenieros geólogos, ingenieros civiles e ingenieros ambientales y que son asignadas aleatoriamente según la disponibilidad de ocupaciones, se plantea este formato que abarca mayormente parámetros generales donde se consignen los

factores más importantes a tener en cuenta en cada visita. De la misma forma, se propondrá una guía de diligenciamiento del formato en el que queden establecidos cada uno de los apartados con su respectivo significado de modo que todos conservemos los mismos criterios al registrar la información; esta guía de diligenciamiento está íntimamente ligada a los dos formatos en los que nos basamos para construirlo y expresa explícitamente qué se debe poner en cada espacio.

Este estuvo sujeto a modificaciones según los requerimientos u observaciones que se encontraban en el momento de aplicarlo con el objetivo de sacarle el máximo provecho.

4.2 FASE 2:

4.2.1 Etapa 3: Campo: visitas de inspección ocular en gestión del riesgo en puntos críticos del departamento.

En esta fase se atendió a la solicitud de visitas a puntos críticos en gestión del riesgo en los diferentes municipios del departamento bajo la jurisdicción de Cormacarena. Estas se realizaron para amenazas de inundación y movimiento en masa contemplados en el decreto 1077 de 2015, amenazas por avenida torrencial no se presentaron durante la ejecución de esta propuesta. Antes de llegar a la zona afectada se hacía una revisión en la base datos de la corporación acerca de los antecedentes para tener una idea de la frecuencia con la que se ha presentado cierto tipo de amenaza y durante el recorrido se tenía en cuenta los referentes geográficos como las vías de acceso. Al llegar al lugar, lo primero que se hacía era entrar en contacto con la persona que había hecho la solicitud y con la comunidad afectada, preguntando la fecha del evento, si hubo afectaciones estructurales a viviendas o personas y principalmente escuchando las observaciones que pudieran brindarnos que nos fueran de utilidad. Continuo a esto, se hacía un reconocimiento de la zona teniendo en cuenta el área fisiográfica y sus geoformas, así como la identificación de condicionantes o detonantes. En ese recorrido se tomaban las coordenadas con un GPS tipo

Brunton, tanto en zonas de inundación como en eventos de movimiento en masa según correspondiera, del mismo modo se hacía un registro fotográfico. En caso de ser por movimiento en masa se tenía en cuenta el tipo de movimiento ya fuera por reptación, deslizamiento traslacional, caída, etc. Y las dimensiones de estos, en algunos casos era muy difícil o riesgoso acceder a los puntos críticos exactos, pero se capturaba la información lo más precisa posible.

En esta etapa, en los casos de puntos críticos por movimiento en masa, se implementó el formato creado en la fase anterior, por su parte en los puntos críticos por inundación se utilizó una libreta para anotar las observaciones correspondientes.

4.2.2 Etapa 4: Sistematización y análisis de la información.

En esta etapa el objetivo fue digitalizar la información recolectada en cada una de las visitas, independientemente del tipo de amenaza y alimentar una base de datos en Microsoft Excel en los que se tenga en cuenta: coordenadas, año, número del concepto técnico con el que se identifica cada solicitud -en este caso se omitió esta columna en las tablas del apartado de análisis y resultados porque son consideradas confidenciales-, una breve descripción de la visita, su clasificación según el tipo de amenaza, mes y municipio. Como el tamaño de la muestra para responder a la pregunta de investigación sobre cuál es el fenómeno amenazante que se presenta con más frecuencia en el departamento es pequeño, se hizo una revisión de la base de datos de la corporación en los últimos años, es decir, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 y hacer una comparación de los puntos críticos reportados en ese periodo de tiempo con respecto a la del segundo periodo de 2022. Durante esta revisión se encontró que había algunos espacios vacíos en cuanto a la ubicación geográfica de los eventos e incluso de su clasificación según el tipo de amenaza, por lo cual se catalogaron de acuerdo al que tuviera más prevalencia según la descripción. Finalmente, cuando se terminó la digitalización y revisión de la información

completando la mayor cantidad de datos posible. Se dio inicio al análisis de la información, que consistió en organizar los puntos críticos según referentes geográficos por año en tablas, (ver anexos), en estas se tuvieron en cuenta, municipio y tipo de amenaza clasificados en movimiento en masa e inundación y además midiendo cuantitativamente los eventos con el fin de tener el número total de puntos críticos reportados teniendo una muestra significativa para responder a la pregunta de investigación. Cuando se obtuvieron cada una de esas tablas por año, el siguiente paso fue clasificar en una tabla el número de puntos críticos reportados cada año por municipio identificando los municipios con mayor y menor número de eventos, seguido a esto, consolidar en una sola tabla los puntos críticos reincidentes por año en cada municipio basándose en referentes geográficos. Finalmente, se ubicaron espacialmente los puntos críticos en gestión del riesgo correspondientes al segundo periodo de 2022, utilizando el software ArcGIS 10.8, pero debido a que el departamento tiene una extensión muy grande y estos puntos estaban localizados relativamente cerca, era muy difícil distinguir unos puntos de otros, además, no era posible identificar un comportamiento particular en cuanto a los fenómenos amenazantes, razón por la cual al igual que en el análisis cuantitativo del número de eventos por cada fenómeno, se decidió ubicar espacialmente todos los puntos críticos reportados los últimos años, es decir 2017- 2022-11 y observar los puntos en común en su distribución.

4.2.3 ETAPA 5: Elaboración del informe final.

En esta fase se procesó la información obtenida durante la ejecución de la propuesta, elaborando un documento conforme a las normas APA 7ª edición, así mismo se integró la información, incluyendo las conclusiones obtenidas y sus respectivas recomendaciones, dando cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados.

5 MARCO TEÓRICO

Según el plan de desarrollo departamental en gestión del riesgo, el departamento del Meta, dadas sus áreas fisiográficas: flanco oriental de la cordillera oriental, piedemonte o zona de transición y planicie, se relacionan con la respuesta del departamento a los fenómenos amenazantes. Así pues, durante los periodos de invierno cuando se presentan altas precipitaciones se generan desborde de los ríos principales alrededor de las riberas donde ocurre gran acumulación de agua en sectores de llanura y que afectan de forma significativa cultivos, animales y viviendas; se enuncia que los municipios que se encuentran más vulnerables a grandes inundaciones debido a su localización cercana a la planicie son: Cumaral, Restrepo, Villavicencio, Acacías, Guamal, Castilla La Nueva, San Carlos de Guaroa, Puerto López, San Martín, Granada, Fuente de Oro, San Juan de Arama, Puerto Gaitán, Cabuyaro y Barranca de Upía. Por otra parte, en cuanto a amenazas por movimiento en masa, el Servicio Geológico Colombiano (2015) muestra como en el sector noroccidental del departamento correspondiente a la zona de Piedemonte y al sur, donde se encuentra la Serranía de la Macarena, es posible observar zonificaciones de amenazas medias, altas y muy altas por movimientos en masa. Lugares como San Juanito, El Calvario, Restrepo, Cumaral, Villavicencio, Acacías, Guamal, Cubarral, El Dorado, El Castillo, Granada, Lejanías, Mesetas y la Uribe son municipios del Meta que se deben analizar detalladamente para prevenir la materialización de movimientos en masa. (PDGRD, 2018). Los cuales hacen parte de los fenómenos naturales más comunes alrededor del mundo, trayendo consigo importantes pérdidas económicas y humanas. Generalmente, están asociados a estímulos externos que hacen que incrementen rápidamente los esfuerzos y se reduzca la resistencia. (Malamud, et al., 2004). Aunque los deslizamientos afectan a menudo al territorio colombiano, especialmente a la región Andina, aún no se cuenta con una base de datos completa que permita

hacer algún tipo de análisis de impacto técnico, ambiental o social (Aristizábal, et al., 2010). De esta manera, la configuración geológica del piedemonte, la fisiografía, el uso de suelo, y periodos de altas y continuas precipitaciones, son los principales parámetros que rigen la amenaza por movimientos en masa, siendo más evidentes hacia el piedemonte que en la parte distal de la planicie. Dentro de los movimientos en masa más frecuentes en el piedemonte de la cuenca de los Llanos Orientales se destacan el desprendimiento o caída que se evidencian en los coluviones, los flujos como las corrientes y avalanchas de derrubios que dieron origen a los abanicos aluviales en diferentes tiempos geológicos. Además, la acción de fallas geológicas a través de amplias zonas fragmenta las capas rocosas generando zonas inestables, presentando alta susceptibilidad a remoción en masa, especialmente a deslizamiento y caída de roca (Cormacarena, 2016). Agregado a lo anterior, para reducir el riesgo debido a la ocurrencia de movimientos en masa, los cuales generan pérdidas de vidas y grandes impactos a la economía y medio ambiente del país, es necesario realizar estudios detallados de estos fenómenos y su relación directa con la geología y la actividad antrópica” (Betancourt, 2014).

5.1 Tipos de Amenaza

5.1.1 Inundación

Se define como el desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o masa de agua y/o la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas. (Glosario Hidrológico Internacional, 2012). De modo que, una inundación es un fenómeno hidrológico recurrente potencialmente destructivo, que hace parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se produce por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un

desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas. (IDEAM, 2017).

5.1.2 Movimiento en masa

El término movimiento en masa incluye todo movimiento de ladera abajo con una gran cantidad de roca, escombros (detritos) o suelo debido a la influencia de la gravedad (PMA, 2007). Los movimientos en masa ocurren en una superficie plana, curva o de ruptura, donde la mayoría de los materiales se mueven típicamente como una masa uniforme o semicontinua con poca deformación interna (Highland & Bobrowsky, 2008). Por su parte, (Foucault y Raoult, 1992) definen un deslizamiento de terreno como un término global que designa todo movimiento más o menos rápido, de material sobre una pendiente.

5.1.3 Tipos de Movimiento en masa

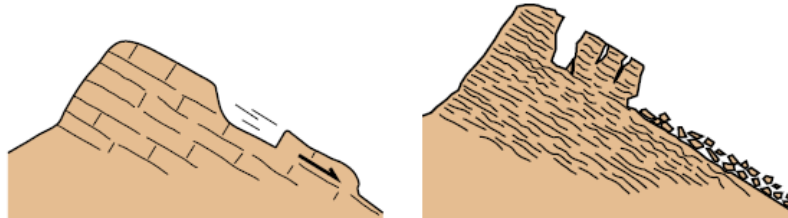
La mayoría de los autores adoptan como criterios de clasificación los mecanismos de falla de los movimientos, los tipos de materiales involucrados, la actividad de los movimientos y su velocidad. Otros consideran factores tales como la edad, las formas de relieve (pendiente), su ubicación geográfica, el clima y la afectación de laderas, cauces o taludes construidos por el hombre (Montero, 2017). Para la identificación de los movimientos en masa en la zona de estudio, se plantea el empleo de la clasificación de los movimientos en masa del PMA-GEMMA en el 2017.

5.1.3.1 Deslizamiento de roca o suelo, subtipo: Traslacional

Deslizamiento en el cual la masa se desplaza a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o plano de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla puede ocurrir cuando una

discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia ésta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).

Figura 3 Esquema de un deslizamiento traslacional, nombrado también como resbalamiento o corrimiento.

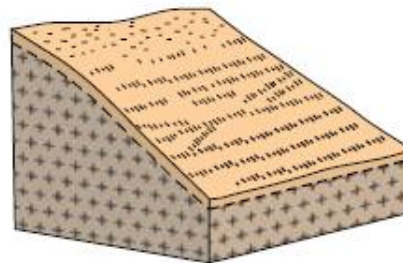


Fuente: (Corominas y García, 1997)

5.1.3.2 Reptación, subtipo: Reptación de suelos

Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional cuando se asocia a cambios climáticos, o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (PMA, 2007).

Figura 4 Esquema de reptación.



Fuente: (Corominas y García, 1997)

5.2 Marco geológico

En este apartado se incluye la información geológica de las formaciones en las que se presentaron puntos críticos en el departamento, debido a que no se tiene una nomenclatura común para estas, se empleará información tomada del servicio geológico colombiano y de las compañías petroleras que operan en la región, en la siguiente tabla, podemos identificar una correlación de las unidades geológicas del piedemonte y la cuenca de los Llanos Orientales (SIAM S.A, 2015).

Figura 5 Correlación formaciones geológicas del Piedemonte y la Cuenca Llanos Orientales.

PERIODO / EPOCA / EDAD	T. A MILLER (1972)	ULLOA, RODRIGUEZ (1976) - Cuadrángulos K-12	ULLOA - CARO (1985) Bord. Llanero	PULIDO O. GÓMEZ S. Plancha 266 (1997)	PERIODO / EPOCA / EDAD	META ECOPETROL	CASANARE ELF-AQUITANE	ECOPETROL ICP-GER (2000)	BIOZONAS JARAMILLO & RUEDA (2004)	PIEDEMONTES CENTRAL	PIEDEMONTES NORTE
PLEISTOCENO	FORMACION NECESIDAD	FORMACION LA CORNETA	FORMACION LA CORNETA	FM CORNETA	PLEISTOCENO			Fm. GUAYABO		Martínez (2006) Bayona et. Al. (2007; figura 8) TN CBA	Bayona et al. (2007 y 2008)
MIOCENO	FM. CALZON	FORMACION CAJA	FORMACION DIABLO		PLEISTOCENO	FM. NECESIDAD FM. GUAYABO	FM. GUAYABO	Fm. LEON		Fm. LA CORNETA	FORMACION GUAYABO
	FM. CHARTE	FORMACION DIABLO			MIOCENO	SHALE LEON	SHALE LEON			FORMACION GUAYABO (FMS. Caja y Diablo según Ulloa & Rodríguez 1976)	FORMACION GUAYABO
	FM. LEON	FORMACION SAN FERNANDO	FORMACION SAN FERNANDO							FORMACION LEON	FORMACION LEON
OLIGOCENO	FM. CARBONERA	FM. ARENISCAS DEL LIMBO	ARENISCAS DEL LIMBO	FM. ARENISCAS DE EL LIMBO	OLIGOCENO	CARBONERA	CARBONERA	Fm. CARBONERA	Ca 11		
	FM. MIRADOR								Ca 10		
									Ca 9		
									Ca 8		
									Ca 7		
									Ca 6		
									Ca 5		
									Ca 4		
									Ca 3		
EOCENO	FORMACION LOS CUERVOS	FM. ARCILLAS DEL LIMBO	ARCILLAS DEL LIMBO	FM. ARCILLA DE EL LIMBO	EOCENO	T2	FM. MIRADOR	Fm. MIRADOR	Ca 2		
									Ca 1		
PALEOCENO	ARENISCAS DE EL MORRO				PALEOCENO		FM. LOS CUERVOS	Fm. BARCO - LOS CUERVOS			
							FM. BARCO				
MAESTRICTITAN CAMPANIANO SANTONIANO CONIACIANO TURONIANO CEROMANIANO	FORMACION GUADALUPE	GRUPO PALMICHAL	GRUPO PALMICHAL	GRUPO PALMICHAL							
	FORMACION GACHETA	FORMACION CHIPAUQUE (CAPACHO)	FORMACION CHIPAUQUE	FORMACION CHIPAUQUE	CRETACICO TARDIO	FM. GUADALUPE K 1	FORMACION GUADALUPE	Fm. GUADALUPE			
						K 2	FORMACION GACHETA	Fm. GACHETA			
ALBIANO	FORMACION UBAQUE	FORMACION UNE (AGUARDIENTE)	FORMACION UNE	FORMACION UNE			ARENISCAS INFERIORES	FM UNE			
APTIANO	FORMACION FOMEQUE	FORMACION FOMEQUE	FORMACION FOMEQUE	FORMACION FOMEQUE	CRETACICO TEMPRANO						
BARREMIANO HAUTERVI											
VALANGIANIANO											
BERRIASIANO											
TITONIANO											
TRIASICO					PALEOZOICO		PALEOZOICO NO DIFERENCIADO	PALEOZOICO NO DIFERENCIADO			
DEV. CARBONIA											
PRE-DEVON											

Fuente: (SIAM S.A, 2015)

Inventario de Puntos Críticos Frente a Fenómenos Amenazantes Bajo la Jurisdicción de departamento del Meta durante el Segundo Periodo de 2022.

5.2.1 Geología regional

A continuación, se presentan las unidades geológicas definidas para el área de estudio donde se presentaron puntos críticos en gestión del riesgo, describiéndose de las más antigua a la más joven como:

Grupo Quetame: (OS1-Mlg) unidad denominada por (Hettner, 1982) también llamada Esquistos de Quetame por (Segovia y Renzoni, 1965). La ausencia de datos paleontológicos hace que poco pueda precisarse en cuanto a la edad. Algunos autores han interpretado el Quetame como Cámbrico y Ordovícico, es decir como una facies metamórfica del Grupo de Güéjar por lo menos en su mayor parte, como rocas metamórficas de bajo grado (Pulido y Gómez, 2001), bajo esta denominación agrupan una secuencia de rocas compuesta por Cuarcitas y Filitas de San Cristóbal, Filitas y Cuarcitas de Guayabetal, y Metaconglomerados y Filitas de Susumuco.

Grupo Farallones (Dc-Sctm): secuencia sedimentaria que reposa discordantemente sobre el Grupo Quetame (Pulido y Gómez, 2001), Siguiendo la nomenclatura utilizada en la Plancha 226 “Villavicencio” y de acuerdo a lo establecido por (Renzoni, 1968), este Grupo está conformado por: Una sucesión fundamentalmente de areniscas y conglomerados cuarzosos denominado Formación Areniscas de Gutiérrez, una secuencia de lutitas y limolitas de color gris oscuro muy compactas intercaladas con calizas grises denominada Lutitas de Pipiral y la Formación Capas Rojas del Guatiquía, unidad caracterizada por tener unos niveles de limolitas con coloración rojiza.

Formación Brechas de Buenavista (b6k6-Sm): Definida por (Renzoni, 1965) para designar una serie de brechas formadas por cantos de esquistos cloríticos, cuarcitas, filitas y conglomerados, que afloran en la vía Buenavista-Villavicencio (Etayo *et al.*, 1983). Se le asigna una edad de Jurásico superior Cretácico inferior. En el área de estudio se observa un pequeño afloramiento en el NO de Villavicencio en el punto conocido como mirador Piedra del Amor,

donde aflora una brecha sedimentaria conformada por cantos subredondeados esféricos, cantos angulosos a muy angulosos de cuarzo lechoso en una matriz de grano grueso silíceo, tamaño guijo a canto. (Cormacarena, 2016).

Abanico aluvial (Qab): Esta Unidad cuaternaria corresponde a una acumulación de material, se observa como un extenso depósito en forma de cono que proviene desde el Piedemonte. En el área de estudio se pueden observar varios abanicos como los de Villavicencio, Acacias y Restrepo. Esta Unidad cuaternaria se extiende en gran parte del Municipio de Acacias y Guamal, se trata de los depósitos de abanico más antiguos; actualmente este depósito está disectado, por el río Acacias. Litológicamente, presentan una gran variación sedimentológica compuesta por clastos heterométricos que van desde gravillas hasta bloques embebidos en una matriz de arena y arcilla. (Cormacarena, 2016).

Terrazas (Qt): Se trata diferentes niveles remanentes de anteriores superficies de sedimentación, están conformadas por cantos y guijos con matriz arenosa y en menor cantidad de bloques, predominantemente líticos de areniscas procedentes del Piedemonte y en menor cantidad líticos metamórficos. (Cormacarena, 2016).

Depósito aluvial (Q-al): Estos depósitos se asocian a los cauces principales como el río Guatiquía, el río Guayuriba, y el río Acacias donde el relieve pasa de moderada a ligeramente inclinado y su patrón es trenzado, cubren extensiones hasta de 70 km, y están conformados por bloques y cantos inmerso en matriz arenosa, la composición de las gravas pasa de polimícticas con clastos de areniscas cuarzosas y líticas junto con clastos metamórficos, cerca al piedemonte a gravas con composición oligomíctica cuarzosas más resistentes a medida que el depósito se aleja del área fuente, los clastos varían de subredondeados y subelongados a redondeados y esféricos (Cormacarena, 2016).

5.2.2 Geología estructural

A Continuación, se describen las principales fallas geológicas en el departamento, ilustradas en la figura 15.

5.2.2.1 Fallas geológicas

Falla Algeciras: La Falla de Algeciras atraviesa la esquina noroccidental de la plancha, su longitud es de sólo unos 4 Km en esta área, tiene una dirección NE-SW, su movimiento es transcurrente dextral. Pone en contacto a las Lutitas de Pipiral, en el bloque noroccidental con rocas del Complejo Garzón localizadas en el bloque sureste de la falla. (BUCHELY F. A., 2015).

Falla Servitá: Fractura en dirección NW, la zona de falla presenta alta milonitización que por gravedad produce continuos movimientos de masa rocosa hacia el cauce del río Upín (Rodríguez, 2001).

Falla Guaicaramo: Se sugiere que la reactivación tectónica en la zona más oriental es la responsable de la orientación de los cursos de gran número de drenajes existentes hoy en día. Se extiende a partir de las cercanías de Cumaral, 25 km al noreste de Villavicencio. En el sur, la falla sigue al frente oriental de las colinas de piedemonte más conocida como la Serranía de las Palomas. Al norte del río Upía la falla se interna en le piedemonte. (Alvarado, 2010)

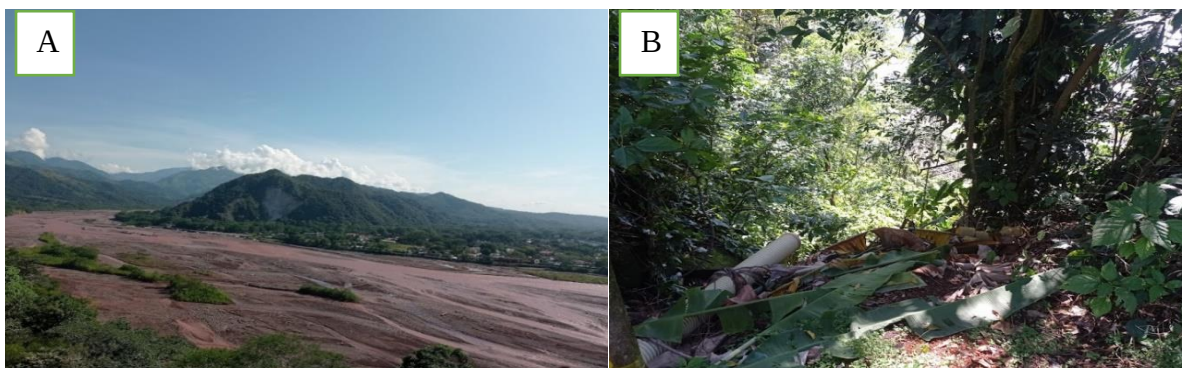
Falla Villavicencio: Corresponde realmente a un sistema de fallas de poca longitud con una vergencia hacia el Este ponen en contacto las rocas de la Fm. Une con la Fm La Corneta del Neógeno Superior. Se consideran parte del sistema de fallas del borde llanero como continuación o complemento del sistema de Guaicáramo. (Rodríguez, 2001).

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el transcurso del segundo periodo de 2022 durante el desarrollo de este proyecto, se identificaron un total de 29 puntos críticos nuevos en el departamento correspondientes a amenazas de tipo inundación y movimiento en masa, estos fueron recopilados durante los meses de agosto y septiembre en los municipios de Villavicencio, El Calvario, Cumaral y Granada (Figura 14). Además, con el fin de obtener una perspectiva más amplia se añadieron los puntos recopilados durante junio y julio tomados de la base de datos de la corporación (Figura 13). A continuación, se consigna una breve descripción de los puntos críticos recopilados con su registro fotográfico, las tablas correspondientes al inventario y su respectiva ubicación. Después se incluirá un apartado donde se dará respuesta a la pregunta de investigación con respecto al fenómeno amenazante que se presenta con mayor frecuencia en el departamento y finalmente el formato propuesto para la captura de datos de movimiento en masa.

6.1 Puntos críticos en gestión del riesgo y desastres reportados durante el segundo periodo de 2022 en los meses agosto y septiembre

Figura 6 Margen derecha Río Guatiquía, sector El Caudal.



Fuente: El Autor.

A. Margen derecha del río Guatiquía circundante al edificio Montebello generando inundaciones sobre zonas aledañas de planicies de inundación. B. sobre la misma margen, en el Club Meta, se encuentra un punto crítico por remoción en masa donde el cerramiento en malla

Inventario de Puntos Críticos Frente a Fenómenos Amenazantes Bajo la Jurisdicción de Cormacarena en el departamento del Meta durante el Segundo Periodo de 2022.

eslabonada se encuentra aproximadamente a menos de dos metros de la margen del río, este movimiento en masa presenta como condicionante la fuerte temporada de lluvias y socavación de pie de talud por corriente de agua que genera el cauce del río.

Figura 7 Movimiento en masa Insp. San Francisco, municipio El Calvario.



Fuente: El Autor.

A. Corona de deslizamiento en la parte trasera de una vivienda continua al polideportivo donde se observan deslizamientos activos, reptación y pérdida de la cobertura vegetal. B. En el polideportivo se evidencian afectaciones estructurales debido a los movimientos en masa y además se observa la tubería que descarga el agua lluvia sobre el suelo.

Figura 8 Vía de acceso Insp. San Francisco, municipio El Calvario.



Fuente: El Autor.

A y B. Vista del tramo de la carretera de entrada a la inspección de San Francisco donde se observa inestabilidad en la bancada de la vía, sobre esa misma carretera se encuentra ubicada

una vivienda actualmente deshabitada que está sobre un deslizamiento activo que afectó su estructura y se mantiene soportada por palos de madera.

Figura 9 Afectaciones estructurales a viviendas Insp. San Francisco, municipio El Calvario.



Fuente: El Autor.

A. Agrietamiento en el suelo en una de las viviendas cercanas al polideportivo. B. Vista trasera de una vivienda en donde se evidencia un deslizamiento activo y reptación. Además, se observa que se ha perdido parte del suelo donde están asentadas estructuras pertenecientes a esta.

Figura 10 Inundación margen derecha Río Guacavía, municipio Cumaral.



Fuente: El Autor.

A y B. Inundación margen derecha del río Guacavía generando afectación en una vivienda actualmente deshabitada ubicada al margen de este, es posible observar socavación en pie del talud que represente una gran amenaza en el sector de la vereda Chepero y un tramo importante de la vía Nacional Cumaral, Meta – Paratebuena, Cundinamarca.

Figura 11 Movimiento en masa sendero turístico vereda El Carmen, Villavicencio.



Fuente: El Autor.

A y B. Deslizamientos activos de tipo traslacional sobre el sendero turístico de la vereda El Carmen, en el municipio de Villavicencio. A pesar de no ser de dimensiones considerables ni haber generado afectaciones estructurales, los habitantes de la zona expresan que ha generado cierres en el sendero durante las temporadas de lluvias.

Figura 12 Inundación Río Cubillera, municipio Granada.



Fuente: El Autor.

A. En la margen izquierda del río es posible observar una vivienda afectada por las crecientes dadas en la temporada invernal. B. La margen derecha del río corresponde a un ambiente de planicie de inundación. El tramo del río Cubillera que se vio afectado está localizado en la transición Piedemonte – Planicie oriental donde el río se encuentra disectando abanicos aluviales formando una corriente de régimen trenzado, la cual presenta barras longitudinales y transversales que generan una red de múltiples canales que varían en función de la energía de la corriente

6.2 Inventario fenómenos amenazantes durante el segundo periodo de 2022

De los 29 puntos críticos identificados durante este periodo, 13 de ellos corresponden a amenazas por inundación, reportadas en los municipios de Acacías, Cumaral, El Calvario, Granada, Restrepo y Villavicencio. Distribuidos de la siguiente forma: 1 en el municipio de Acacías en el río Acacías Km 1 vía Guamal- Acacías, 2 en Cumaral en el río Guacavía sobre la vía nacional Villavicencio-Paratebueno, 2 en el río Cubillera, municipio de Granada sobre el sector de la vereda La Mariela y por último 6 puntos en Villavicencio, con afectaciones en el condominio Santa Lucía, asociados al Caño Maizaro, Quebrada Grande – Vereda Zuria y el río Guatiquía, generando afectaciones en la Unidad inmobiliaria El Triángulo, vereda La Patagonia, edificio Montebello y la vereda El Cocuy. Por otra parte, se reportaron 16 puntos críticos por movimiento en masa en los municipios El Calvario, Restrepo y Villavicencio, distribuyéndose así: 6 de ellos en el margen izquierdo de Caño Hondo en la inspección San Francisco del municipio El Calvario, 4 en la vereda Choapal en Restrepo y 6 de ellos en Villavicencio en la vereda Servitá sobre la antigua vía Bogotá- Villavicencio, también en la vereda El Carmen y por último en el Club Meta en el margen del río Guatiquía.

Figura 13 Tabla de inventario puntos críticos 2022-II Cormacarena

INVENTARIO PUNTOS CRÍTICOS POR FENÓMENOS AMENAZANTES BAJO LA JURISDICCIÓN DE CORMACARENA EN EL DEPARTAMENTO DEL META EN EL SEGUNDO PERIODO DE 2022							
ID	Norte	Este	Año	Descripción	Amenaza	Mes	Municipio
1	2026060,4	4935407,32	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómeno de movimiento en masa, en la vía Restrepo, en el sector de la entrada a la vereda Choapal	Movimiento en masa	Junio	Restrepo
2	2026063,72	4935464,98	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómeno de movimiento en masa, en la vía Restrepo, en el sector de la entrada a la vereda Choapal	Movimiento en masa	Junio	Restrepo
3	2026043,79	4935496,03	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómeno de movimiento en masa, en la vía Restrepo, en el sector de la entrada a la vereda Choapal	Movimiento en masa	Junio	Restrepo

4	2028519,19	4936686,02	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómeno de movimiento en masa en la margen izquierda del caño Lata, en el sector del Condominio Lomaverde	Movimiento en masa	Junio	Restrepo
5	2009571,58	4931209,47	2022	Asistencia técnica por fenómeno de inundación, a los cuales se asocian procesos de erosión en la margen de la fuente hídrica Quebrada Grande, en el sector vereda Zuria	Inundación	Julio	Villavicencio
6	1997132,51	4914873,25	2022	Inundación a los cuales se asocian procesos de erosión lateral en la margen derecha del río Acacias, en el Km 1 vía Guamal – Acacias	Inundación	Julio	Acacias
7	2015948,61	4931244,06	2022	Inundación a los cuales se asocian procesos de erosión y socavación lateral en la margen izquierda del caño Maizaro, en el sector del Condominio Santa Lucia	Inundación	Julio	Villavicencio
8	2015948,61	4931244,06	2022	Inundación a los cuales se asocian procesos de erosión y socavación lateral en la margen izquierda del caño Maizaro, en el sector del Condominio Santa Lucia	Inundación	Julio	Villavicencio
9	2017798,57	4929489,93	2022	Asistencia técnica de gestión del riesgo por las crecientes del río Guatiquía y su afectación en la margen derecha, en el sector de la unidad inmobiliaria cerrada El Triángulo	Inundación	Julio	Villavicencio
10	2014337,16	4973064,95	2022	Asistencia técnica por fenómeno de inundación, a los cuales se asocian procesos de erosión lateral en la margen derecha del río Guatiquía, en el sector de la vereda de Patagonia.	Inundación	Julio	Villavicencio
11	2020904,59	4922651,37	2022	Asistencia técnica por fenómenos de movimiento en masa activos en la antigua vía Bogota- Villavicencio, a la altura de la vereda Servitá.	Movimiento en masa	Agosto	Villavicencio

Nota: Los puntos consignados en la figura 11 fueron clasificados y ordenados durante el transcurso del proyecto, pero tomado de la base de datos de la corporación. **Fuente:** El Autor.

Figura 14 Inventario puntos críticos por fenómenos amenazantes bajo la jurisdicción de Cormacarena segundo periodo de 2022

INVENTARIO PUNTOS CRÍTICOS POR FENÓMENOS AMENAZANTES BAJO LA JURISDICCIÓN DE CORMACARENA EN EL DEPARTAMENTO DEL META EN EL SEGUNDO PERIODO DE 2022							
ID	Norte	Este	Año	Descripción	Amenaza	Mes	Municipio
12	2015560,778	4925450,959	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómenos de remoción en masa en la ruta turística vereda El Carmen.	Movimiento en masa	Agosto	Villavicencio
13	2015499,782	4925481,853	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómenos de remoción en masa en la ruta turística vereda El Carmen.	Movimiento en masa	Agosto	Villavicencio
14	2015402,521	4924992,091	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por fenómenos remoción en masa en la ruta turística vereda El Carmen.	Movimiento en masa	Agosto	Villavicencio

Inventario de Puntos Críticos Frente a Fenómenos Amenazantes Bajo la Jurisdicción de Cormacarena en el departamento del Meta durante el Segundo Periodo de 2022.

15	2018082,7	4929235,514	2022	Asistencia técnica de gestión del riesgo por erosión lateral asociada a inundación del río Guatiquía sector El Caudal edificio Montebello	Inundación	Agosto	Villavicencio
16	2018226,8	4929047,8	2022	Asistencia técnica de gestión del riesgo por movimiento en masa en margen del río Guatiquía con Sector El Caudal- Club Meta.	Movimiento en masa	Agosto	Villavicencio
17	2041885,631	4915881,856	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por movimientos en masa asociados a fenómenos de erosión lateral en la margen izquierda del caño Hondo, a la altura de la inspección San Francisco, en jurisdicción del municipio de El Calvario.	Movimiento en masa	Septiembre	El Calvario
18	2041869,68	4915855,852	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por movimientos en masa asociados a fenómenos de erosión lateral en la margen izquierda del caño Hondo, a la altura de la inspección San Francisco, en jurisdicción del municipio de El Calvario.	Movimiento en masa	Septiembre	El Calvario
19	2041871,632	4915887,832	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por movimientos en masa asociados a fenómenos de erosión lateral en la margen izquierda del caño Hondo, a la altura de la inspección San Francisco, en jurisdicción del municipio de El Calvario.	Movimiento en masa	Septiembre	El Calvario
20	2041961,413	4915994,883	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por movimientos en masa asociados a fenómenos de erosión lateral en la margen izquierda del caño Hondo, a la altura de la inspección San Francisco, en jurisdicción del municipio de El Calvario.	Movimiento en masa	Septiembre	El Calvario
21	2101466,891	4916136,544	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por movimientos en masa asociados a fenómenos de erosión lateral en la margen izquierda del caño Hondo, a la altura de la inspección San Francisco, en jurisdicción del municipio de El Calvario.	Movimiento en masa	Septiembre	El Calvario
22	2041952,375	4916025,848	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por movimientos en masa asociados a fenómenos de erosión lateral en la margen izquierda del caño Hondo, a la altura de la inspección San Francisco, en jurisdicción del municipio de El Calvario.	Movimiento en masa	Septiembre	El Calvario
23	2034560,698	4954220,343	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por erosión lateral asociados a fenómenos de inundación en la margen derecha del río Guacavía, a la altura del puente de la vía nacional que conduce de Cumaral a Paratebueno (Cund.), en jurisdicción del municipio d	Inundación	Septiembre	Cumaral
24	2034239,035	4954172,928	2022	Asistencia técnica de Gestión del Riesgo por erosión lateral asociados a fenómenos de inundación en la margen derecha del río Guacavía, a la altura del puente de la vía nacional que conduce de Cumaral a Paratebueno (Cund.), en jurisdicción del municipio d	Inundación	Septiembre	Cumaral
25	1943776,006	4914148,408	2022	Asistencia técnica en Gestión del Riesgo por Inundación en el Río Cubillera, sector vereda La Mariela.	Inundación	Septiembre	Granada
26	1943754,859	4914290,281	2022	Asistencia técnica en Gestión del Riesgo por Inundación en el Río Cubillera, sector vereda La Mariela.	Inundación	Septiembre	Granada
27	2003098	4936196	2022	Asistencia técnica en gestión del riesgo por amenaza de inundación vereda El Cocuy	Inundación	Septiembre	Villavicencio
28	2003463	4933195	2022	Asistencia técnica en gestión del riesgo por amenaza de inundación vereda El Cocuy	Inundación	Septiembre	Villavicencio
29	2014881	4930168	2022	Asistencia técnica en gestión del riesgo por amenaza de movimiento en masa asociada a socavación lateral por fuente hídrica en el barrio La Florida.	Movimiento en masa	Septiembre	Villavicencio

Fuente: El Autor.

6.3 Distribución espacial en el mapa geológico del departamento

Los puntos críticos en gestión del riesgo y desastres reportados durante los meses de agosto y septiembre, se presentan principalmente en el Grupo Quetame(OS1-Mlg), Formación Buenavista (b6k6-Stm), y unidades cuaternarias como depósitos aluviales (Qal), Terrazas (Qt) y Abanicos aluviales (Qab).

En el grupo Quetame, en su unidad inferior, encontramos un punto crítico por movimiento en masa con deslizamientos de tipo traslacional en la vereda El Carmen, por su parte, los puntos críticos reportados en el municipio El Calvario también se encuentran sobre este, donde es posible observar movimientos de tipo traslacional, reptación e importantes afectaciones estructurales a las viviendas. Continuando, en la vereda El Carmen, sobre el sendero ecológico, tenemos un punto de riesgo por movimiento en masa sobre la formación Buenavista, que, aunque no es de gran dimensión, ha ocasionado cierres viales. Finalmente, en cuanto a las unidades cuaternarias; se tienen puntos críticos en depósitos aluviales en el sector El Caudal, edificio Montebello- Club Meta debido al aumento del caudal del Río Guatiquía, también sobre esta unidad se encuentran puntos críticos en la vereda El Carmen y en la vereda El Cocuy, todos los anteriores en el municipio de Villavicencio. Por su parte, en Cumaral se ubican puntos críticos por inundación en el Río Guacavía correspondientes a abanicos aluviales y finalmente Terrazas en la vereda La Mariela, circundante al río Cubillera en Granada. De modo que la mayor cantidad de eventos por movimiento en masa se presentan en zonas de material transportado de origen aluvial o unidades de pendientes considerables y cercanas a fallas regionales que actúan como condicionantes, sumado a *la temporada de lluvias que se mantiene durante todo el año con su pico más alto durante los meses de junio y julio* (Jaramillo, 2000). Por otra parte, los eventos por inundación están relacionados consecuentemente con unidades cuaternarias de depósitos aluviales, donde las

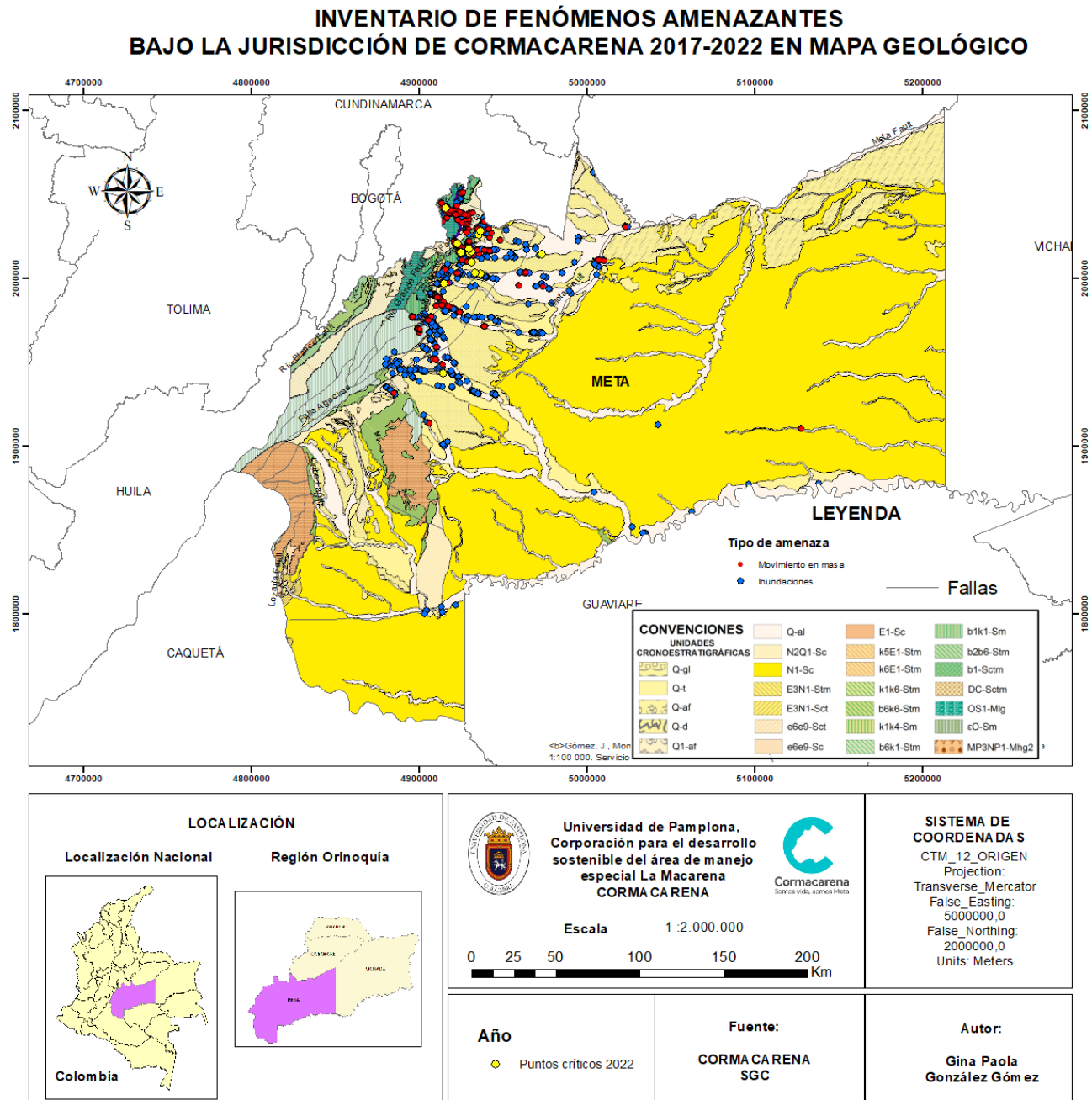
Inventario de Puntos Críticos Frente a Fenómenos Amenazantes Bajo la Jurisdicción de Cormacarena en el departamento del Meta durante el Segundo Periodo de 2022.

pendientes tienen un porcentaje muy bajo, tendiendo a planicies, facilitando la depositación de material en áreas cercanas a cauces activos generando susceptibilidad en las áreas circundantes.

En una vista del mapa geológico departamental y sus amenazas, (Figura 15) tenemos que la mayor parte de los eventos por movimientos en masa que se reportaron se encuentran en las unidades Grupo Quetame OS1-Mlg, el Grupo Farallones Dc-Sctm, y en menor medida en unidades cuaternarias como depósitos aluviales Q-al, terrazas Q-t y abanicos aluviales Qab. En cuanto a los puntos críticos por inundación se tiene que gran parte de ellos se encuentran sobre unidades aluviales circundantes a los cauces activos principales (Figura 16), también se observa un menor porcentaje sobre la unidad k1k1-Sm correspondiente al berriasiano-cenomaniano, así como en el Grupo farallones Dc-Sctm, en todas estas se presentan coincidencias entre los puntos de inundación reportadas en zonas de planicie en las riberas de las principales fuentes hídricas.

A través de la identificación de los puntos críticos reincidentes durante el periodo 2017-2022-II (anexo J y apéndice C) tenemos entre ellos los ríos Acacías, Sardinata, Guacavía, Ariari, Urichare, Guamal, Guayuriba, Metica, Humadea, Negrito, Ocoa, Guatiquía y Guape, caños como Hondo, Leche, Camelias, Seco, Buque, Maizaro, La Cuerera, Espejo, Parrado, Parrado, Arroz y las veredas Santa Teresita y Las Margaritas en Acacías, Turuy en Castilla La Nueva, Caney medio en Cumaral, El Delirio, El Encanto, San Antonio en El Castillo, La Isla, Aguas Zarcas, Santa Rosa en El Dorado, Puerto Limón y La Cooperativa en Fuente de Oro, Brisas del Orotoy, Pio XII, El Carmen, La Paz en el municipio Guamal, La Aurora y Bajo Yucape en Lejanías, Salinas, San Jorge, Caney Bajo, Marayal y Choapal en Restrepo, La Pascualera en San Carlos de Guaroa, El Merey en San Martín, y finalmente Buenavista, El Carmen, La Concepción, La Argentina, El Cocuy, Servitá y el casco urbano en Villavicencio (Figura 16).

Figura 15 Mapa geológico del departamento del Meta y sus fenómenos amenazantes periodo 2017-2022-I



Fuente: El Autor.

Inventario de Puntos Críticos Frente a Fenómenos Amenazantes Bajo la Jurisdicción de Cormacarena en el departamento del Meta durante el Segundo Periodo de 2022.

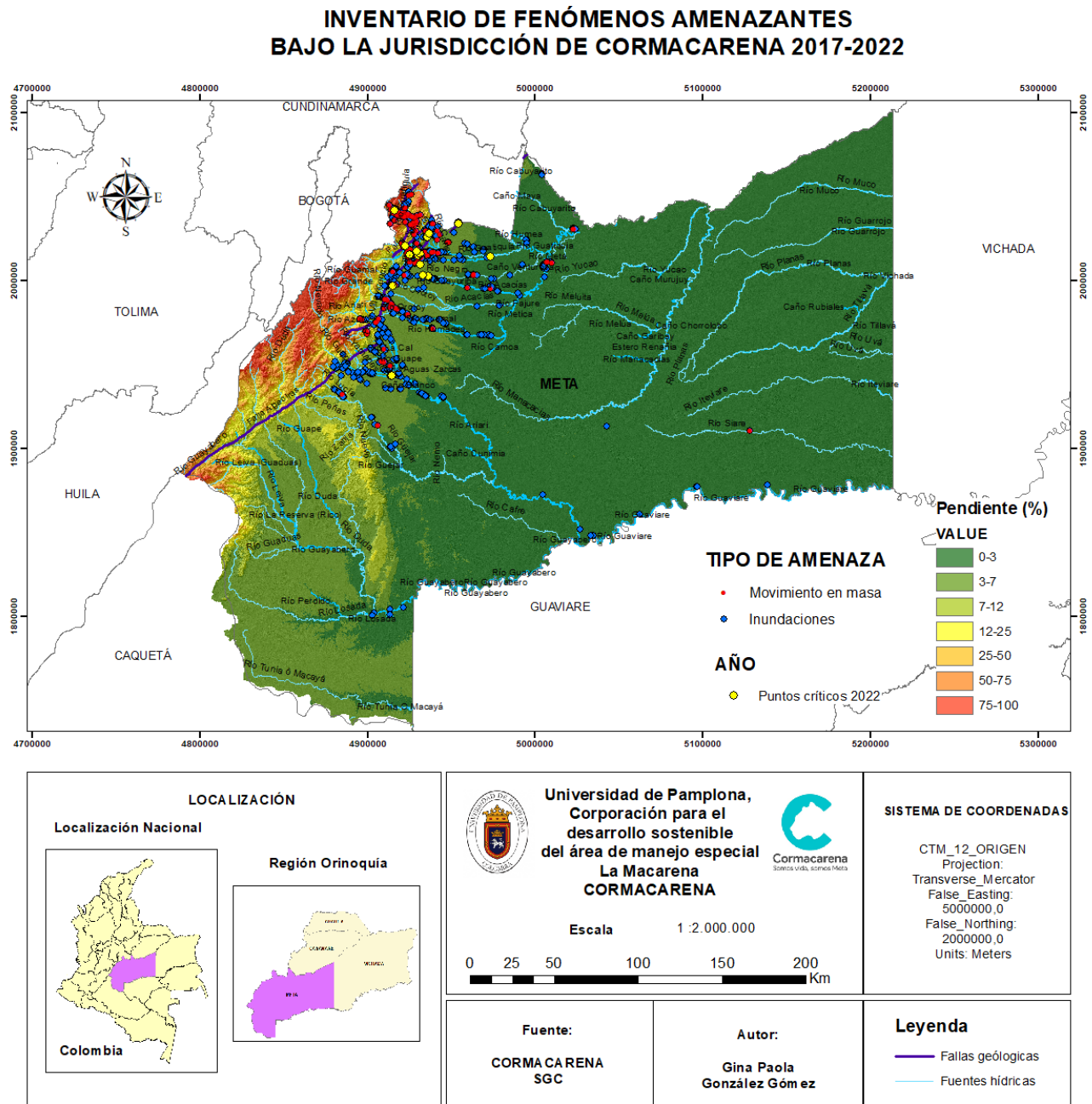
6.4 Distribución espacial de puntos críticos en gestión del riesgo

Entre los puntos presentados en los meses de agosto y septiembre, tenemos que los reportados sobre el río Guacavía en Cumaral, vereda el Cocuy en Villavicencio y río Cubillera en Granada poseen pendientes entre 3 -7% correspondientes a amenazas por inundación y ubicados en un área fisiográfica de planicie oriental. Por su parte, los puntos críticos ubicados sobre la vereda El Carmen se encuentran en pendientes entre 7 – 12 % lo que podría considerarse como un área de transición entre el área fisiográfica de Piedemonte y Planicie Oriental; sobre pendientes entre 25- 50 % se encuentran los puntos críticos reportados en el municipio El Calvario donde es bastante común que se presenten eventos de remoción en masa, ya que posee como condicionante las altas pendientes, la lluvia y la sismicidad y que correspondería al área fisiográfica de Cordillera Oriental.

En el mapa de inventario de fenómenos amenazantes 2017-2022 II donde se observa el porcentaje de pendientes en el relieve del departamento (Figura 16) tenemos en color amarillo los eventos reportados en el segundo periodo de 2022, asimismo se representan en rojo y amarillo los eventos en movimiento en masa e inundaciones respectivamente. Si nos fijamos en este, gran parte de las amenazas por movimiento en masa se encuentran en la zona de transición entre las áreas fisiográficas de Piedemonte y Planicie Oriental, donde se tienen pendientes entre 7- 12 %, también se observan eventos en zonas de planicie con pendientes entre 3-7 % circundantes a los ríos Ariari, Guamal, Guayuriba, Güejar y Guatiquía entre otras fuentes hidrográficas presentes en la región. Consecuentemente, basándonos en la identificación de puntos críticos totales por municipio reportados entre 2017 y 2022-II (Anexo G y H) tenemos que Villavicencio fue la ciudad con más reportes, en total 277 representados por el 28%, seguida por El Calvario 73, (7 %), Restrepo 65,(6 %), Acacías 63, (6 %) y Cabuyaro 53, (5 %), contrastando con municipios Puerto Lleras y La

Uribe con cero reportes y municipios con muy pocos reportes de amenazas como Barranca de Upía 5, Vista Hermosa 3, Mapiripán 3 y Puerto Concordia 1.

Figura 16 Mapa de fenómenos amenazantes bajo la jurisdicción de Cormacarena 2017-2022-II



Fuente: El Autor.

Inventario de Puntos Críticos Frente a Fenómenos Amenazantes Bajo la Jurisdicción de Cormacarena en el departamento del Meta durante el Segundo Periodo de 2022.

6.5 Identificación de la amenaza más frecuente en el departamento

Considerando que el periodo de tiempo comprendido entre junio y septiembre es muy corto para determinar el tipo de amenaza que se presenta con más frecuencia en el departamento, es necesario hacer una revisión de la base de datos de años anteriores. Ordenando cuantitativamente desde el 2017 hasta el segundo periodo de 2022, se tiene como resultado 1030 puntos críticos 790 de ellos por inundación y 240 por movimiento en masa respectivamente.

Figura 17 Tabla Resumen total de puntos críticos en fenómenos amenazantes por año.

Inventario puntos críticos fenómenos amenazantes bajo la jurisdicción de Cormacarena en el departamento del Meta (2017-2022-II)		
AÑO	Amenaza	
	Inundación	Movimiento en masa
2017	100	80
2018	403	113
2019	154	19
2020	34	2
2021	87	10
2022-II	12	16

Fuente: El Autor.

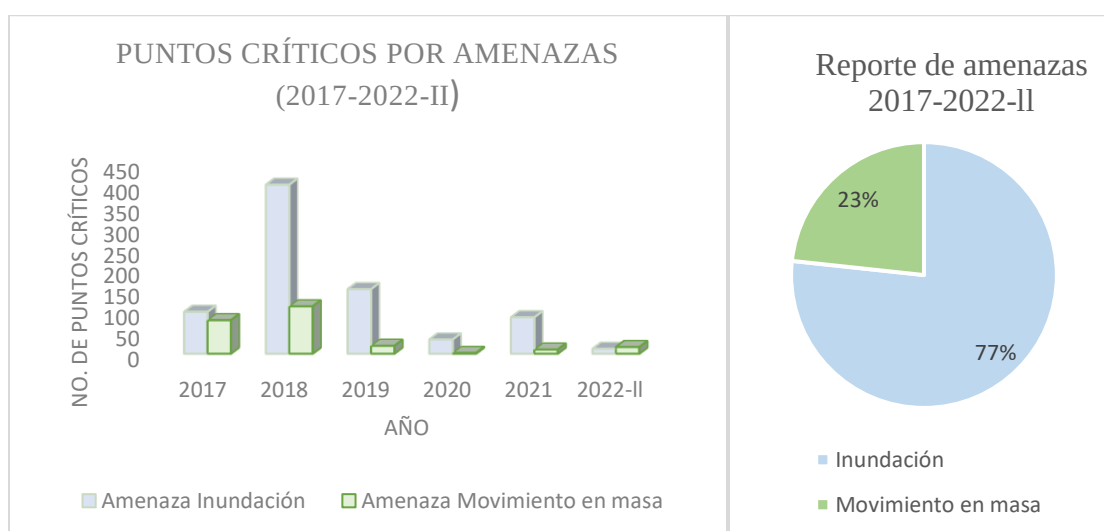
En el año 2017 se atendieron 100 puntos críticos por inundación y 80 por movimiento en masa, (Anexo B) en el que se identificaron sectores de riesgo en los ríos: Acacías, Guayuriba, Metica, Güejar, Negrito, Ocoa, Guatiquía y en las veredas: Salinas, Caney medio, Pio XII, bajo Humadea, Laureles, La Cumbre, El Carmen, Buenavista entre otros. Por su parte, en el 2018 la cifra por inundación alcanzó 403 puntos y 113 respectivamente, encontrando puntos críticos en los ríos Upía, Sardinata, Ariari, Guayabero, Guamal, Guayuriba, Guatiquía y caños Caibe, Buque, Espejo, Parrado y Embarrado, asimismo veredas como Monserrate, Alto Menegua y El Tablón (Anexo C). Continuando, en 2019 se dieron 154 puntos críticos por inundación y tan solo 19 por movimiento en masa, entre estos destacan los ríos Ariari, Guamal, Upín, Guamal y veredas como Vega Grande, El Caney, El Playón y Aguas Zarcas (Anexo D). En 2020, año en el que atravesamos

Inventario de Puntos Críticos Frente a Fenómenos Amenazantes Bajo la Jurisdicción de Cormacarena en el departamento del Meta durante el Segundo Periodo de 2022.

la emergencia sanitaria, las visitas se vieron grandemente restringidas de modo que se atendieron 34 visitas por inundación y 2 por movimiento en masa, principalmente en los ríos Humadea, Ariari, Guayuriba, Güejar y veredas como La Isla, El Delirio, Alta Cal y El Cocuy (Anexo E). Retomando actividades en el año 2021, las visitas de inspección ocular por gestión del riesgo en inundación fueron 87 en los ríos Sardinata, Acacías, Guamal, Ariari, Metica, Upín, Guayuriba y Guatiquía y por movimiento en masa 10, en las veredas Brisas del Guayuriba, Choapal y Buenavista (Anexo F). Finalmente, durante el segundo periodo de 2022 las visitas por inundación fueron 13 principalmente relacionados con los ríos Guatiquía, Guacavía, Cubillera, seguido por un total de 16 visitas por movimiento en masa, en sectores como vereda El Carmen, Vía Antigua Bogotá-Villavicencio y El municipio El Calvario.

A partir de la revisión y organización de la base de datos se tiene que durante el periodo comprendido entre 2017 y 2022-II se ha mantenido la tendencia de un mayor número de reportes por inundación en el departamento del Meta con respecto a los reportes que se han realizado por movimiento en masa. Alcanzando su pico máximo en 2018 con 403 reportes.

Figura 18 Comparación cuantitativa anual de fenómenos amenazantes y su diferencia en porcentajes.



Fuente: El Autor.

Expresando estos resultados en porcentajes tenemos que, de 1030 puntos críticos reportados, el 23 % corresponden a eventos por movimiento en masa y el 77 % a amenaza por inundación, siendo esta la amenaza más frecuente en el departamento, entendiéndose como amenaza según el artículo 4 de la ley 1523 de 2012 como: *“Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales”*.

Adicional a esto, comparando con el último informe sobre puntos críticos bajo la jurisdicción de Cormacarena durante el periodo 2012-2016 en el departamento se tuvo un total de 845 puntos de riesgo (CORMACARENA, 2016) (Anexos J). En los cuales sobresalen puntos críticos reincidentes como los ríos Guamal, Acaciñas, Guacavía, Ariari, Cubillera, Upía, Negrito, Cubillera, Guatiquía, Ocoa y Guayuriba asimismo caños como Maizaro, Buque, Parrado, La Cuerera. En cuanto a movimientos en masa, los puntos reincidentes encontrados con respecto a la revisión actual fueron en las veredas Insp. San Francisco en El Calvario, La Cal, Caney medio y Buenavista, en los municipios El Castillo, Restrepo y Villavicencio respectivamente.

6.6 Formato propuesto para la captura de datos de movimiento en masa y su guía de diligenciamiento

La propuesta de este formato surgió debido a que no existían unos lineamientos a seguir cuando se realizaban las visitas de inspección ocular en gestión del riesgo y la información recolectada dependía exclusivamente del criterio del profesional por quien fuera llevada a cabo, existiendo la posibilidad de obtener información con ausencia de datos. Por tanto, con la aplicación de este se espera que todo el equipo de trabajo se base en las mismas directrices para diligenciarlos.

Aplicándolo fue posible identificar las características en común entre los puntos críticos, así como las unidades geológicas más susceptibles a deslizamientos, diferenciar sus posibles detonantes y/o condicionantes y su uso o ubicación. En ese sentido se distingue que gran parte de los movimientos en masa tenían como condicionante la lluvia, posiblemente relacionado con el hecho de que nos encontramos en una zona de convergencia intertropical ZCIT, agregado a lo anterior, hay otra característica que resaltar y es que muchos de estos movimientos en masa se presentaron en zonas aledañas a márgenes de ríos que podríamos asociarlas con eventos de socavación lateral de pie de talud por corrientes de agua, caso observable en la figura 16.

Por último, haciendo referencia a el municipio El Calvario, este tenía como condicionante altas pendientes, ya que su ubicación se encuentra en alta montaña sobre el área fisiográfica de Cordillera Oriental, además de su cercanía al sistema de fallas del borde llanero y una mayor frecuencia de sismicidad en contraste con las áreas fisiográficas de Planicie Oriental.

Figura 19 Formato para captura de datos de movimiento en masa, pág. 1

FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA											
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena											
Nombre del encuestador		No. Concepto técnico		Fecha de visita		Interesado		Correo			
						¿Es titular?					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA E IMPORTANCIA DEL EVENTO											
Referentes geográficos			Importancia	Coordenadas		X		Y			
			Alta	Punto 1							
				Punto 2							
			Media	Punto 3							
				Punto 4							
			Baja	Punto 5							
				Punto 6							
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO				OBSERVACIONES							
Antecedentes		Estado									
		Activo									
		Reactivado									
		Suspendido									
		Latente									
		Abandonado									
		Relicto									
TIPOS DE MOVIMIENTO				CAUSAS DEL MOVIMIENTO							
1	2	C = Condicionante		C	D	Condicionante/Detonante		C	D	Condicionante/Detonante	
	Caida	Material meteorizado físicamente				Socavación de pie del talud por corriente de agua				Vibración artificial (Tráfico, explosiones, pilotes)	
	Volcamiento	Material meteorizado químicamente				Excavación del pie del talud				Sismo	
	Deslizamiento Rotacional	Material fallado por corte				Carga en la corona del talud				Lluvia	
	Deslizamiento traslacional	Material fisurado o agrietado				Erosión subterránea (disolución, tubificación)				Viento	
	Propagación lateral	Contraste de permeabilidad de materiales				Irrigación				Rompiendo de presas	
	Reptación	Meteorización por expansión/contracción				Mantenimiento deficiente de drenaje				Embalse	
	Flujo	Deforestación o ausencia de vegetación				Escapes de agua de tuberías				Erosión superficial	
	Deformaciones gravitacionales profundas					Minería				Modelamiento tectónico	
						Disposición deficiente de estériles/escombros				Otros	

Nota: 1= Primer movimiento 2= 2º movimiento

Figura 20 Formato para captura de datos de movimiento en masa, pág. 2

C
Corporación para el Desarrollo Sostenible

FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena

MORFOMETRÍA

LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

DOCUMENTACIÓN

Dimensiones

m

Mapa/Plancha

Año/escale

Ancho de la superficie de la falla (Dr)

Ancho de la masa desplazada (Wd)

Espesor de la masa desplazada (Dd)

Longitud de la superficie de la falla (Lr)

Longitud de la masa desplazada (Ld)

Longitud total (Lt)

COBERTURA Y USO DE SUELO

NOTAS Y APRECIACIÓN DE RIESGO

Tipo de cobertura

%

Veg. Herbácea

Bosque

Matorrales

Cuerpo de agua

Cultivos

Construcciones

Sin cobertura

Tipo de uso

%

Ganadería

Área protegida

Agrícola

Recreación

Zona arqueológica

Zona industrial

Vivienda

Vías

Minería

DAÑOS

Población

Infraestructura (INF) /Actividades económicas (AE) / DAÑOS AMBIENTALES (DA)

Unidad de medida

No. De Muertos

No. De heridos

No. De damnificados

INF	AE	DA	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad			
					DL	DM	DS	DT

Según:

Tipo de estructura UN M2 ML

Actividad económica Ton UN días

Daño ambiental Ha M3

Convenciones

Tipo de estructura

Intensidad de daño

Daño leve

DL

Daño moderado

DM

Daño severo

DS

Destrucción total

DT

No cuantificable

NC

Vivienda

Ed. Institucionales

Ed. Comerciales

Vías

Acueductos, oleoductos, similares

Puentes

Líneas de energía, telefónicas

Torres de energía

Estación de bombeo

7 RECOMENDACIONES

Incorporar el inventario de puntos críticos 2022-II como insumo para las próximas actualizaciones de los planes de ordenamiento territorial municipales, así como complementar con la información faltante respecto al primer periodo del 2022 al que no fue posible tener acceso durante el desarrollo de la práctica.

Realizar una cartografía a una escala más detallada donde sea posible identificar caudales, drenajes o quebradas de menores dimensiones que puedan presentar crecientes durante periodos de intensas precipitaciones.

Emplear el formato de captura de datos para movimiento en masa propuesto durante este proyecto con el objetivo de que se sigan los mismos lineamientos y optimizar el tiempo, en caso de dudas pueden apoyarse en la guía de diligenciamiento. Del mismo modo, sería ideal proponer un formato para capturar datos en campo cuando se presenten amenazas por inundación con el fin de obtener una mayor uniformidad en la información recopilada.

8 CONCLUSIONES

- De acuerdo a la revisión y organización de la base de datos correspondientes al periodo 2017-2022-II se identificó que la amenaza que se presenta con más frecuencia en el departamento, es el de amenaza por inundación con un porcentaje de ocurrencia del 77 %, ya que, de 1030 puntos críticos, 790 fueron por inundación y 240 por movimiento en masa, siendo el mayor reporte en 2018 con 403 eventos.
- En la distribución espacial de los puntos críticos 2017-2022-II sobre el mapa de pendientes (Apéndice C) es posible observar que gran parte de los eventos por movimiento en masa se encuentran en una zona de transición entre el área fisiográfica de Piedemonte a Planicie Oriental con un porcentaje de pendiente de 3 – 7 %, así como también circundantes a las fallas geológicas locales que actúan como condicionantes, del mismo modo que las intensas precipitaciones en la región. Consecuentemente también es posible identificar eventos por movimiento en masa aledaños a fuentes hídricas. Con respecto a los eventos por inundación presentados tenemos que se encuentran en la zona fisiográfica correspondiente a planicie oriental con muy poca pendiente (0- 3 %) principalmente circundantes a los ríos Ariari, Guatiquía, Guayuriba, Güejar y Guamal.
- De acuerdo a la distribución espacial de los puntos críticos en el mapa geológico del departamento (Apéndice D) se identifica que los eventos por movimiento en masa se presentan mayormente en las unidades geológicas como el Grupo Quetame y el Grupo Farallones. Además, en unidades cuaternarias con material transportado de origen aluvial, como depósitos aluviales Q-al, terrazas Q-t y abanicos aluviales Qab. En cuanto a los eventos por inundación, estos se ubican en unidades cuaternarias de origen aluvial circundantes a cauces activos donde las pendientes tienen un porcentaje muy bajo,



facilitando la depositación de material en áreas cercanas a estos generando susceptibilidad en las áreas circundantes.

- Mediante la aplicación del formato se obtuvo uniformidad en los criterios a tener en cuenta en cada punto crítico cuando se emite el concepto técnico de la visita de inspección ocular en gestión del riesgo, además se empleó menor tiempo al identificar con mayor facilidad los condicionantes y el tipo de movimiento, así como los datos respectivos a su morfometría.

9 REFERENCIAS

- Alvarado, S. I. (2010). *CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA ZONA CENTRO Y SUR*. Bogotá: SGC.
- Aristizábal, E., Martínez, H. E. & Vélez, J. I. (2010). Una Revisión Sobre el Estudios de Movimientos en Masa Detonados por Lluvias. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 34(131), pp. 209-227.
- Betancourt, V. (2014). MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS A LAS UNIDADES GEOLOGICAS DE LA PLANCHA 87-SARDINATA, SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO REGIONAL BUCARAMANGA. Bucaramanga.
- BUCHELY, F. (2015). elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional identificados por el servicio geológico colombiano grupo 2: zonas sur a y sur b. Bogotá: SGC.
- CORMACARENA – Corporación para el Desarrollo Sostenible del área de Manejo especial La Macarena. (2016). INFORME DE SEGUIMIENTO A LOS PUNTOS CRÍTICOS POR AMENAZAS NATURALES (INUNDACIÓN, SOCAVACIÓN LATERAL, AVALANCHAS Y FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA) UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO DEL META.
- Coromidas, D., García, Y. (1997). TIPOS DE ROTURAS EN LADERAS Y TALUDES.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., *Landslides investigation and mitigation*: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, pp. 36–75.
- Gobernación del Meta. (2012). Ficha técnica departamental: *hacemos grande al meta*.

Highland, L., Bobrowsky, P. (2008). *The Landslide Handbook – A Guide to Understanding Landslides*.

HOEK, E., BRAY, J. (1981). Rock Slope Engineering, *Institution of Mining and Metallurgy*, London, 3rd Ed., 358 pp.

IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2017). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN. Bogotá, D.C 110 p.

Jaramillo, A. (2000). DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN COLOMBIA ANALIZADA MEDIANTE CONGLOMERACIÓN ESTADÍSTICA.

Malamud, B. D., Turcotte, D. L., Guzzetti, F., & Reichenbach, P. (2004). Landslide inventories and their statistical properties. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29(6).

MONTERO, J. (2017). Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.

Organización Meteorológica Mundial. (2012). INTERNATIONAL GLOSSARY OF HYDROLOGY. p. 127

PARIS, G., & ROMERO, J. (1994). Fallas activas en Colombia. *Bol. Geol. Ingeominas*. 34 (2/3) 3-25. Bogotá.

PDGRD- Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2018). Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres, departamento del Meta.

Plan Nacional De las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. (2016). Retos y Prioridades del Departamento 2016-2019. p. 10

PMA, Proyecto Multinacional Andino. (2007). Movimientos en masa para la región andina: Una guía para las comunidades andinas. Bogotá D.C.: Publicación geológica multinacional.

PULIDO, O., GOMEZ, L. (2001). Geología de la Plancha 266 – Villavicencio. Mapa a escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.

RENZONI, G. (1968). Geología del Macizo de Quetame. Revista Geología Colombiana. Universidad Nacional de Colombia, No. 5, pp.75-127. Bogotá.

RODRIGUEZ, A. (2001). MAPA GEOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DEL META. Ingeominas. Bogotá.

SIAM S.A. – Servicios e Investigaciones Ambientales. (2015). Correlación de las Unidades del Piedemonte y la Cuenca de Los Llanos Orientales.

SGC – Servicio Geológico Colombiano. (2015). Mapa de amenazas relativas por movimientos en masa del departamento del Meta.

UNAL- Universidad Nacional de Colombia. (2009). Amenaza, vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, Avenidas torrenciales e Inundaciones en el valle de Aburrá.