



Influencia de las características del relieve en la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa, en la zona de la quebrada la baja, municipio de California - Santander, 2026.

Proyecto de investigación

Nicol Herrera Carreño
CC. 1.000.382.377
Paula Alejandra Sepúlveda Caicedo
CC. 1.005.235.944

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga, septiembre 11 de 2026



Influencia de las características del relieve en la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa, en la zona de la quebrada la baja, municipio de California - Santander, 2026.

Proyecto de investigación

Nicol Herrera Carreño
CC. 1.000.382.377
Paula Alejandra Sepúlveda Caicedo
CC. 1.005.235.944

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero en Topografía

DIRECTOR
Clara Inés Torres Vásquez

GRIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga, septiembre 11 de 2026

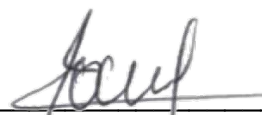
F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por
La Universitaria Tecnológica de Santander para optar al título
de Ingeniero Topógrafo
Según acta #29 del Comité de Proyectos de Grado
Del 02 de octubre de 2026
Docente evaluador: Ing. Héctor Alfonso Correa Rángel
Docente directora: M.Sc Clara Inés Torres Vásquez



Ing. Héctor Alfonso Correa Rángel
Firma del Evaluador



M.Sc Clara Inés Torres Vásquez
Firma del Director

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarnos la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para superar cada obstáculo a lo largo de este proceso académico. A nuestros profesores, quienes desde el primer semestre de la carrera creyeron en nuestras capacidades, compartieron sus conocimientos con dedicación y nos guiaron con paciencia hasta convertirnos en las profesionales que somos hoy. Y a nuestras familias, por su apoyo incondicional, su comprensión en los momentos difíciles y por ser siempre el motor que nos impulsó a no rendirnos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la docente Clara Inés Torres Vásquez, Directora del proyecto de grado, por su orientación, acompañamiento constante y aportes técnicos durante todo el desarrollo de esta investigación, los cuales fueron fundamentales para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

También a las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), por brindarnos la formación académica y los recursos institucionales necesarios para nuestro desarrollo profesional, así como al Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Territorio (GRIMAT), por permitirnos vincular este trabajo a sus líneas de investigación y por el respaldo brindado en el proceso investigativo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	15
2. MARCO REFERENCIAL.....	23
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	46
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	52
5. RESULTADOS.....	76
6. CONCLUSIONES.....	102
7. RECOMENDACIONES.....	103
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
9. APENDICES.....	108
10. ANEXOS.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del Sistema Nacional Ambiental (SINA), establecido mediante la Ley 99 de 1993.....	38
Figura 2. Ley 1523 de 2012 y la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.....	42
Figura 3. Zonificación de susceptibilidad general del terreno a los deslizamientos de tierras.....	43
Figura 4. Diagrama de flujo.....	51
Figura 5. Mapa zona de estudio.....	54
Figura 6. División Política del Municipio de California 2026 (Veredas).....	56
Figura 7. Captura de la página de Alaska Vertex.....	58
Figura 8. DEM descargado y cortado para el municipio de California – Santander.....	59
Figura 9. Visualización de pendientes en grados del municipio de California.....	60
Figura 10. Visualización de Hipsométrico del Municipio de California.....	62
Figura 11. Visualización de Aspecto del Municipio de California.....	63
Figura 12. Visualización del clima del California.....	65
Figura 13. Visualización de Mapa de Coberturas (2024) Municipio de California.....	66
Figura 14. Visualización de Geoformas del Municipio de California.....	68
Figura 15. Visualización del UGS del municipio de California.....	69
Figura 16. Visualización de Fallas geológicas del municipio de California.....	71
Figura 17. Visualización de drenajes del municipio de California.....	72
Figura 18. Mapa de registros históricos.....	81
Figura 19. Visualización de la micro-cuenca del municipio de California.....	82
Figura 20. Visualización de la curva hipsométrica.....	83
Figura 21. Visualización de la distribución de la elevación.....	84
Figura 22. Visualización del análisis multicriterio.....	85
Figura 23. Mapa Hipsométrico del municipio de California.....	90
Figura 24. Mapa de Aspecto del municipio de California.....	91
Figura 25. Mapa de pendientes en porcentajes del municipio de California.....	93
Figura 26. Mapa de coberturas del municipio de California.....	94
Figura 27. Mapa de clima del municipio de California.....	96
Figura 28. Mapa UGS del municipio de California.....	98
Figura 29. Mapa de drenajes del municipio de California.....	100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información sobre variables utilizadas para análisis de características del relieve.....	48
Tabla 2. Clasificación del IGAC.....	61
Tabla 3. Registros históricos de desastres.....	76
Tabla 4. Resumen del comportamiento hisométrico.....	86

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo analiza la influencia del relieve en la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa en el municipio de California, Santander, específicamente en la zona de la quebrada La Baja. El objetivo fue estudiar las características del terreno mediante información existente y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para definir escenarios de riesgo que apoyen la gestión del municipio.

La metodología consistió en generar cartografía temática de pendientes, orientación (aspecto), hipsometría, geoformas, clima y cobertura del suelo, integrando además la red de drenaje y las fallas geológicas presentes en el territorio. Con estas variables se desarrolló un análisis multicriterio que permitió clasificar el municipio en niveles de amenaza alto, medio y bajo. Los resultados muestran que la mayor parte del territorio presenta pendientes superiores al 25 %, alturas que van desde los 1.900 hasta más de 3.400 metros sobre el nivel del mar, y un clima predominantemente húmedo, condiciones que favorecen procesos de inestabilidad de laderas, erosión y movimientos en masa. Se identificó además una falla geológica regional que atraviesa el municipio en sentido suroccidente-nororiente, coincidiendo con el corredor donde se concentra gran parte de la población y la infraestructura. Las zonas de mayor amenaza se ubican en las laderas de las partes altas y medias del municipio, mientras que los sectores planos, aunque menos amenazados directamente, pueden verse afectados por flujos provenientes de zonas altas.

Se concluye que el relieve es un factor determinante en la ocurrencia de estos fenómenos en California, municipio que carece de estudios oficiales de riesgo incorporados a su EOT, no actualizado en más de diez años. Por ello, los mapas y el modelo de riesgo obtenidos son una herramienta clave para apoyar dicha

actualización, la regulación del uso del suelo y la formulación de medidas de prevención y mitigación.

PALABRAS CLAVE. Relieve; Avenidas torrenciales; Remoción en masa; Sistemas de Información Geográfica (SIG); Amenaza.

INTRODUCCIÓN

La gestión del riesgo de desastres y el ordenamiento territorial son herramientas fundamentales para la planificación sostenible, especialmente en municipios con condiciones geográficas que favorecen la ocurrencia de fenómenos naturales. En Colombia, la Ley 1523 de 2012 establece la gestión del riesgo como un proceso orientado al conocimiento, reducción y manejo de los riesgos, mientras que la Ley 388 de 1997 establece el ordenamiento territorial como instrumento para orientar el uso y ocupación del suelo de acuerdo con las condiciones de cada municipio (Congreso de la República de Colombia, 2012; Congreso de la República de Colombia, 1997). Durante la revisión documental se identificaron limitaciones relacionadas con la disponibilidad de información pública actualizada sobre amenaza, vulnerabilidad y riesgo, así como dificultades en el acceso a información técnica del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT).

El presente trabajo analiza las características del relieve y su relación con la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa en la zona de la quebrada La Baja, mediante el uso de información secundaria y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para ello, se integraron variables como pendientes, hipsometría, orientación, clima, geología, geoformas, cobertura del suelo, red de drenaje y fallas geológicas, con el propósito de identificar zonas con diferentes niveles de amenaza. Los resultados obtenidos buscan aportar información cartográfica y espacial que sirva como insumo para fortalecer la gestión del riesgo, apoyar futuros procesos de actualización del EOT y contribuir a una planificación territorial orientada a la prevención, reducción del riesgo y sostenibilidad del municipio de California.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona alta del municipio de California, Santander, presenta una vulnerabilidad muy grande frente a fenómenos naturales como avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa, específicamente en áreas influenciadas por la quebrada La Baja y el río Vetás. Esta situación empeora porque no se cuenta con estudios técnicos al día sobre las condiciones hidrológicas, geomorfológicas y de ocupación de territorio, lo que limita la adecuada identificación de escenarios de riesgos.

Entre las principales causas se encuentran la variabilidad climática, la intervención antrópica sobre las cuencas (como actividades mineras y cambios en el uso de suelos), la inestabilidad de los terrenos y la poca integración de las herramientas de gestión del riesgo de la planificación del territorio. Estas condiciones hacen que incrementen la probabilidad de ocurrencias de eventos que puedan generar afectaciones significativas en la población, la infraestructura y el medio ambiente. (IDEAM, 2017).

En esta situación, se observa una dificultad para integrar estudios técnicos específicos con estrategias efectivas de gestión del riesgo, lo que hace más difícil tomar decisiones oportunas y preventivas frente a estos fenómenos. (Ley 1523 de 2012).

Por lo tanto, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influyen las características del relieve en la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa, en la zona de la quebrada la baja, municipio de California - Santander?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente propuesta surge de la vulnerabilidad o la alta susceptibilidad de las zonas del municipio de California, Santander, frente a fenómenos de avenidas torrenciales y procesos en remoción en masa, específicamente en las áreas influenciadas por la quebrada La Baja. Esta problemática se ve agravada por la ausencia de estudios técnicos actualizados que integren variables hidrológicas, geomorfológicas y de ocupación del territorio, lo cual limita la adecuada identificación de escenarios de riesgo y la toma de decisiones informadas. Actualmente hace más de 10 años el municipio de California no cuenta con un Plan de Gestión del Riesgo, lo cual aumenta la vulnerabilidad a la comunidad por fenómenos como lo son las avenidas torrenciales y la remoción en masa. (UNGRD, 2012). Este estudio busca aportar un análisis claro de las características físicas del territorio, permitiendo identificar las áreas más expuestas y entender mejor las causas que aumentan la probabilidad de estos eventos. Este enfoque contribuye a mejorar la comprensión de los factores condicionantes y detonantes del riesgo, incorporando además la incidencia de actividades antrópicas como la minería y los cambios en el uso del suelo (IDEAM, 2017).

Finalmente, este proyecto fortalece las líneas de investigación relacionadas con la gestión del riesgo, el análisis territorial y la evaluación de impactos ambientales, contribuyendo a la formación de profesionales con competencias técnicas y enfoque crítico. Asimismo, se integra dentro de las actividades del grupo de investigación GRIMAT (Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Territorio), al cual pertenecen los autores, permitiendo consolidar procesos investigativos interdisciplinarios y aportar resultados que pueden ser divulgados y aplicados en beneficio del desarrollo sostenible y la planificación territorial de la región (IDEAM, 2014).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el relieve mediante información existente, técnicas SIG, cartografías temáticas, para definir escenarios de riesgo por avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa en California – Santander, como aporte a la planificación del territorio y la gestión del riesgo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Construir una base de datos, con registros históricos de eventos de desastre por proceso de remoción en masa y avenidas torrenciales en el área de estudio y/o en zonas aledañas.

Identificar las características del relieve con análisis de pendientes, orientación, hipsometría, parámetros morfométricos y análisis de cuenca hidrográfica para definir los escenarios de riesgo.

Analizar los eventos por remoción en masa y avenidas torrenciales, generando un modelo mediante el uso de análisis multicriterio.

1.4. ESTADO DEL ARTE

En Colombia, los fenómenos de remoción en masa son comunes debido a las condiciones geológicas y climáticas del país, que incluyen una topografía montañosa, fuertes precipitaciones y una amplia variedad de tipos de suelos y rocas. Estos factores han dado lugar a numerosos eventos de remoción en masa en todo el país, que han tenido graves consecuencias para las comunidades locales. Según el IDIGER los factores que detonan la problemática en estudio son: condiciones del terreno, tales como (Alta pendiente del terreno, materiales débiles o sensibles, presencia de fallas geológicas, falta de cobertura vegetal), procesos naturales los cuales son (lluvias intensas, lluvias prolongadas, ocurrencia de sismos, erosión o degradación del suelo, erosión por acción del agua), y el último factor son los procesos artificiales producto de la acción humana, los cuales son (Cortes y excavaciones en las laderas, sobrecarga y rellenos en las laderas, modificación del drenaje natural, falta de drenaje urbano y actividad minera) (María Alejandra Quintero Reatiga, 2023)

La explotación minera siempre se ha determinado por influir en procesos naturales como la remoción en masa y las avenidas torrenciales que día a día va en aumento. (María Alejandra Quintero Reatiga, 2023)

El Distrito Minero de California está situado unos 50 km al noreste de Bucaramanga, en el Municipio de California, Departamento de Santander; es conocido y explotado para oro y plata desde la época de la Colonia. (María Alejandra Quintero Reatiga, 2023)

El área está constituida por rocas Pre-Devónicas de alto grado de metamorfismo, las cuales muestran carácter migmatítico. Esta secuencia es afectada por rocas intrusivas de edad Jura-Triásica, cuya composición varía de cuarzo diorita a cuarzo

monzonita y granito. Facies porfiríticas más jóvenes son emplazadas dentro de las rocas preexistentes como diques y pequeños stocks. Un silo de pórfido dacítico se presenta dentro de sedimentos del Cretáceo Inferior. (Servicio Geológico Colombiano, 1979)

- **EUROPA**

En el período 1995-2014, 27 países de la región europea registraron 1.370 muertes y 784 lesiones en 476 deslizamientos de tierra mortales (Haque et al., 2016). Cuando se identificó la causa del deslizamiento de tierra, se debió más comúnmente a eventos climáticos extremos, como fuertes lluvias e inundaciones. En algunos otros casos, los deslizamientos de tierra fueron provocados por la minería, las actividades industriales o los terremotos (Haque et al., 2016). En general, las personas que viven en zonas montañosas, como los Alpes o en zonas montañosas de Turquía, son las más afectadas por los deslizamientos de tierra, pero otros factores, como las propiedades del suelo, la cubierta terrestre y el flujo de agua, también influyen en la probabilidad de deslizamientos de tierra. Entre 1995-2014, hubo una tendencia creciente de deslizamientos de tierra, que fue más pronunciada entre 2008 y 2014. En algunos países, como Italia y Turquía, donde se registró el 43% de todos los deslizamientos de tierra mortales, se observaron muchos más deslizamientos de tierra en la segunda mitad del período 1995-2014 y particularmente en los últimos 5 años, en su mayoría provocados por fenómenos naturales como fuertes lluvias e inundaciones (Haque et al., 2016). Hay muy poca información cuantitativa disponible sobre los impactos en la salud de los deslizamientos de tierra más allá de las muertes o lesiones y casi no hay datos sobre los impactos psicosociales y de salud mental de los deslizamientos de tierra en Europa (Kennedy et al., 2015) (Observatorio Europeo del Clima y la Salud, 2025)

- **ESTADOS UNIDOS**

Los deslizamientos de tierra en los Estados Unidos y sus territorios tienen más probabilidades de comenzar en terrenos montañosos, accidentados o con acantilados. Estos deslizamientos suelen ser provocados por el agua (por ejemplo, lluvias intensas), pero también pueden ser provocados por terremotos, actividad volcánica, deshielo de glaciares y otras causas. Los deslizamientos de tierra cerca de zonas pobladas o infraestructuras pueden causar daños y representan los mayores riesgos de deslizamientos de tierra. En general, el USGS ha identificado áreas en los Estados Unidos y sus territorios que son susceptibles a los peligros de deslizamientos de tierra y la FEMA ha identificado áreas que enfrentan riesgos potenciales de deslizamientos de tierra. El mapa de susceptibilidad a los peligros de deslizamientos de tierra del USGS muestra áreas de pendientes pronunciadas donde es más probable que comiencen los deslizamientos de tierra. (Rowan, Linda R,2025)

- **BRASIL**

Los deslizamientos de tierra que azotaron el estado de Minas Gerais, en el sudeste de Brasil, el mes pasado (en la foto), han puesto de manifiesto la vulnerabilidad de las ciudades y de la industria cafetera del país ante un clima cada vez más volátil, afirmaron los especialistas de World Weather Attribution.

Minas Gerais es el corazón de la industria cafetera de Brasil y el principal productor de granos de arábica. Tras años de condiciones climáticas extremas que provocaron una reducción de hasta el 20 % en la producción y picos globales en los precios, se esperaba una mejor cosecha este año, pero las precipitaciones por encima de la media están propiciando ahora la propagación de enfermedades en las plantaciones.

Pedro Camarinha, subdirector del Centro Nacional de Monitoreo y Alerta Temprana de Desastres Naturales de Brasil, afirmó: *"Este desastre ha dejado claro que las lluvias*

extremas pueden desencadenar las consecuencias de un riesgo que ya se conocía, pero que no se había abordado suficientemente mediante políticas públicas preventivas".

"Cuando la planificación del uso del suelo, las medidas de reducción del riesgo y la protección de las comunidades expuestas siguen siendo inadecuadas, los sistemas de alerta temprana se convierten en el instrumento decisivo para salvar vidas".

"Su eficacia, sin embargo, depende de que el riesgo de desastres se comunique claramente a la población mediante una acción coordinada entre las instituciones, en la que la sociedad sea el actor central del sistema".

"Por lo tanto, los sistemas de alerta temprana deben valorarse más y mejorarse continuamente, al tiempo que se refuerza la concienciación sobre los riesgos entre las comunidades expuestas y se toman medidas urgentes para reducir la exposición y la vulnerabilidad". (World Weather Attribution, 2026)

- **COLOMBIA**

La temporada del fenómeno de la niña ha causado estragos en varias zonas del país, a pesar de que en diciembre las lluvias cesaron un poco y enero normalmente se caracterizan por ser una época seca, este año ha sido diferente por el aumento en los niveles de las lluvias y las alertas rojas generadas por el invierno.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) informó que para la primera semana de enero de 2023 se espera que haya un aumento de precipitación de las lluvias en el centro y sur de la región Caribe, la región Andina y en la Pacífica.

Así como lo aseguró el Ideam, en estos tres primeros días del año se han presentado fuertes lluvias en las siguientes zonas del país: Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, norte de Tolima, Cundinamarca, occidente de Boyacá,

occidente y sur de Santander, Chocó, Valle del Cauca, oriente de Cauca, Caquetá, Meta, Amazonas, Vaupés, y Guainía. (Paula Castro,2023)

- **BOGOTA**

Según los primeros reportes de las autoridades, la emergencia se habría desatado debido a que la Quebrada Las Mercedes se desbordó por los fuertes deslizamientos de tierra, afectando a 300 familias que viven en el sector El Hueco. Los movimientos de masa cayeron sobre la quebrada, represándola, y dejando en riesgo a las comunidades aguas abajo. (Yuly Solís, 2024)

- **VALLE DEL CAUCA**

Las áreas urbanas de Pradera y Florida han venido siendo afectadas desde hace varias décadas por avenidas torrenciales producto de procesos de remoción en masa que se presentan en las cuencas de los ríos Bolo y Fraile; fenómenos estos, que han dejado pérdidas incalculables en personas y bienes de la comunidad y probablemente causarán daños en el futuro si no se toman las medidas necesarias para reducir los efectos de las mismas. Aunque estos eventos son originados principalmente por factores naturales, algunos procesos de remoción en masa en áreas muy sensibles, han sido ayudados por las condiciones de vida de los habitantes de las cuencas cuyas actividades han llevado al creciente aprovechamiento de los recursos naturales y de deforestación con la consecuente erosión y pérdida de las tierras(cvs, ingeominas, 1998)

- **VALLE DEL ABURRA**

Los movimientos en masa detonados por lluvia son una de las amenazas que cobra el mayor número de víctimas anuales en terrenos montañosos y ambientes tropicales, como los Andes colombianos. En el presente estudio, se evaluó la amenaza por movimientos en masa detonados por lluvias en el Valle de Aburrá,

localizado en el norte de los Andes colombianos, donde se asienta un número importante de viviendas y familias en áreas altamente susceptibles.

La evaluación de la amenaza por movimientos en masa detonados por lluvias requiere la estimación cuantitativa, tanto de la probabilidad espacial de ocurrencia de un movimiento en masa, al igual que la probabilidad temporal del factor detonante, en este caso la lluvia, y finalmente la probabilidad de la magnitud del evento. En el estado del arte, se han presentado en los últimos años metodologías que permiten evaluar de forma independiente cada una de estas probabilidades, sin embargo, se han realizado pocos estudios que han integrado los métodos para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa. En parte, esto se debe a las restricciones de información requeridas para estimar de forma cuantitativa las diferentes probabilidades necesarias, las cuales se fundamentan esencialmente en la elaboración inicial de un completo inventario de movimientos en masa. (Epub,2019)

- **SANTANDER**

El departamento de Santander ha sido golpeado por intensas lluvias, resultando en afectaciones significativas para aproximadamente 800 familias. Edward Jesús Sánchez, jefe de la Oficina de Gestión del Riesgo de Santander, detallo las consecuencias de este fenómeno climático.

Las zonas más impactadas incluyen Bucaramanga, Girón, Piedecuesta, San Vicente y Betulia. Entre las afectaciones más destacadas se encuentran el colapso de varios acueductos rurales y dificultades en el acueducto, que abastece al casco urbano de Lebrija, específicamente en su captación de agua. Betulia también reporta problemas en sus acueductos rurales.

Además, las lluvias han generado dificultades de movilidad para algunas familias en las zonas rurales de estos municipios, impidiéndoles el acceso a los centros urbanos. La Oficina de Gestión del Riesgo de Santander está trabajando en

articulación con diversas autoridades y entidades operativas y de socorro para brindar asistencia.

También enfatizo la importancia de que las familias ribereñas tengan presentes sus planes de contingencia para evitar ser vulnerables antes avenidas torrenciales o crecientes súbitas. (Alan Ladino, 2026)

- **BUARAMANGA**

Las precipitaciones intensas que afectan a Bucaramanga y su área metropolitana durante los últimos días generaron múltiples emergencias y complicaciones en la movilidad urbana.

Las autoridades también alertan sobre el aumento del caudal de quebradas y canales, fenómeno que eleva el riesgo para las comunidades asentadas en áreas vulnerables. Varios deslizamientos de tierra se han presentado en sectores de alto riesgo geológico.

Las precipitaciones continúan afectando la región bumanguesa, donde las autoridades evalúan declarar alertas preventivas en sectores identificados como vulnerables ante la persistencia del fenómeno climático.

La Alcaldía de Bucaramanga coordina acciones con los organismos de socorro para atender las emergencias y minimizar los riesgos para la población durante la temporada invernal que se prolonga en el área metropolitana (La razón.co, 2026)

- **SAN VICENTE DE CHUCURI**

Las avenidas torrenciales representan una de las amenazas hidrometeorológicas más devastadoras en términos de impacto en pérdidas humanas y económicas, especialmente en regiones de paisajes montañosos y climas tropicales como Colombia. La zona de estudio se desarrolla en la microcuenca de la Quebrada Las Cruces ubicada en el municipio de San Vicente de Chucuri. Históricamente la población de San Vicente Chucuri ha sido afectada por eventos torrenciales de gran

magnitud debido a condiciones de alto porcentaje de precipitación unido a las condiciones topográficas en las que se encuentra ubicado. (Ramírez Quintero, Laura Juliana Padilla Mora, Lessly Katalina, 2023)

- **CALIFORNIA**

Se encontró que “la infraestructura minera no se ha desmantelado y no se han hecho actividades de reconformación y revegetación necesarias, al igual se han identificados procesos de remoción en masa (derrumbes). Además, los túneles al no haber sido cerrados técnicamente y ambientalmente generan vertimientos y disposición inadecuada de material en la zona afectando el ecosistema” (Vanguardia, 2024)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEORICO

La gestión del riesgo de desastres se puede definir como un proceso social orientado al conocimiento, reducción y manejo de las condiciones de riesgo existentes, con el propósito de contribuir a la seguridad, el bienestar y el desarrollo sostenible de las comunidades (Congreso de Colombia, 2012). Este enfoque busca fortalecer la capacidad de los territorios para enfrentar amenazas naturales y antrópicas mediante estrategias de prevención, mitigación y planificación.

- Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de California

El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de California, Santander, constituye un instrumento fundamental para analizar las condiciones físicas, ambientales y territoriales del municipio, ya que permite establecer lineamientos para la ocupación y el uso del suelo. Para el desarrollo de esta investigación, el EOT representa una fuente de información secundaria importante, debido a que permite consultar antecedentes relacionados con la caracterización del territorio, las condiciones ambientales y la identificación de amenazas naturales presentes en el municipio. (Alcaldía Municipal de California, Santander, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)).

Dentro del análisis territorial, la información relacionada con las amenazas naturales resulta especialmente importante para esta investigación. La documentación de ordenamiento territorial utilizada en Santander contempla la identificación y representación cartográfica de fenómenos como inundaciones, avenidas torrenciales, erosión, movimientos de remoción en masa, deslizamientos y caída de rocas, lo cual demuestra la importancia de

incorporar estas variables dentro de los procesos de planificación y gestión del riesgo. (Gobernación de Santander, Sistema de Información Geográfica – Expedientes Municipales).

El EOT también constituye un antecedente para la elaboración y análisis de cartografía temática, debido a que este tipo de instrumentos de planificación requiere representar espacialmente las condiciones de amenaza y las características físicas del territorio. En este sentido, la información cartográfica existente puede ser utilizada como insumo para el presente proyecto y posteriormente contrastada con la información obtenida mediante técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis de las características del relieve. (Gobernación de Santander, Sistema de Información Geográfica – Expedientes Municipales).

Para el desarrollo de tu proyecto, este antecedente es importante porque permite establecer una línea base territorial a partir de información previamente elaborada. A partir de ella, el análisis del relieve, las pendientes, la geología, la geomorfología y la red de drenaje puede contribuir a complementar el conocimiento existente sobre las condiciones que favorecen la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa en California, Santander. Además, la Gobernación de Santander establece actualmente la necesidad de generar estudios técnicos y cartografía regional y local para escenarios de riesgo por avenidas torrenciales e incorporar la zonificación de amenazas en los instrumentos de ordenamiento territorial. (Gobernación de Santander, Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres de Santander).

- Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de California, Santander

El Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) es un instrumento de planificación mediante el cual el municipio organiza y orienta las acciones relacionadas con el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres, de acuerdo con las condiciones y características particulares de su territorio. Este instrumento permite identificar los principales escenarios de riesgo existentes en el municipio y establecer acciones encaminadas a su conocimiento, reducción y manejo. En Colombia, la gestión municipal del riesgo se desarrolla dentro del marco establecido por la Ley 1523 de 2012, mediante la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece que los alcaldes son responsables directamente de implementar los procesos de gestión del riesgo en su jurisdicción. (Congreso de Colombia, 2012; UNGRD, 2017).

El Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) de California, Santander, constituye un instrumento de planificación orientado al conocimiento y manejo de las condiciones de riesgo existentes en el municipio. El plan contempla la identificación de amenazas y vulnerabilidades y establece acciones relacionadas con la preparación y respuesta ante situaciones de emergencia. Dentro de los fenómenos de origen natural considerados se encuentran los procesos de remoción en masa, particularmente los deslizamientos, debido a las características del territorio municipal y a la presencia de sectores susceptibles a este tipo de eventos. Asimismo, el documento contempla mecanismos de alerta y comunicación destinados a facilitar la respuesta de las autoridades y de la población ante la ocurrencia de situaciones de emergencia (Municipio de California, s. f.).

- POMCA del Rio Alto Lebrija y Gestión del Riesgo

El Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Alto Lebrija constituye un instrumento de planificación ambiental relevante para el desarrollo de esta investigación, debido a que el municipio de California hace parte de esta cuenca. El POMCA Alto Lebrija comprende una superficie aproximada de 217.334 hectáreas en el departamento de Santander e incluye, entre otros municipios, a California, que participa con aproximadamente el 2,1 % del área de la cuenca. Esta condición permite relacionar el análisis local del territorio de California con una escala de planificación hidrográfica más amplia. Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), POMCA río Alto Lebrija.

Dentro del POMCA se desarrolla el análisis de las condiciones ambientales y territoriales de la cuenca, incluyendo aspectos relacionados con la gestión del riesgo. La planificación de la cuenca permite reconocer amenazas y condiciones territoriales que deben ser consideradas en la ordenación ambiental, buscando articular el conocimiento de los fenómenos naturales con las decisiones sobre el uso y manejo del territorio. (CDMB, POMCA río Alto Lebrija).

La cartografía asociada al POMCA constituye además una fuente importante de información secundaria para el presente proyecto, debido a que la CDMB dispone de informe final y cartografía correspondiente al POMCA Alto Lebrija. Estos productos pueden servir como insumos para el análisis mediante SIG y para la comparación de las condiciones ambientales y de amenaza identificada a escala de cuenca con los resultados obtenidos a escala municipal. CDMB, Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA Alto Lebrija.

Para esta investigación, el POMCA representa un antecedente de especial importancia porque permite incorporar una visión de cuenca al análisis de California. Esto resulta pertinente debido a que las dinámicas de escorrentía, drenaje y transporte de materiales se encuentran relacionadas con la configuración de las cuencas hidrográficas y con las características del relieve. CDMB, POMCA Alto Lebrija.

- Cartografía y estudios de la CDMB relacionados con el riesgo

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) constituye una de las principales fuentes de información técnica para el análisis de amenazas en California. Durante la vigencia 2024, la entidad informó la entrega a los municipios de los resultados del estudio para definir la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales, desarrollado para California y otros municipios de Santander. CDMB, Informe de Gestión 2024.

El estudio desarrollado por la CDMB generó diferentes productos técnicos para cada municipio, entre ellos levantamiento topográfico y batimétrico, información LIDAR, fotografías aéreas, estudios geológicos y geomorfológicos, análisis de cobertura del suelo, exploraciones geofísicas, caracterización geotécnica, análisis hidrológico, análisis de amenaza y productos cartográficos mediante SIG. Esta información resulta especialmente pertinente para el presente proyecto porque permite contar con diferentes variables físicas que pueden ser utilizadas para analizar la relación entre el relieve y los fenómenos de riesgo estudiados. CDMB, Informe de Gestión 2024.

La CDMB señala además que estos estudios tienen como finalidad servir de base para la incorporación de la gestión del riesgo en los Esquemas y Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios. En consecuencia, los resultados cartográficos y técnicos generados para California pueden constituir un antecedente para el análisis de las condiciones de amenaza y para la comparación con los escenarios que se desarrollen en esta investigación. CDMB, Informe de Gestión 2024.

- Geología y fallas geológicas

El componente geológico es fundamental para analizar la estabilidad del terreno, debido a que las características de las rocas, las estructuras geológicas, el grado de fracturamiento y las condiciones del subsuelo pueden influir en el comportamiento de las laderas. En los estudios de amenaza por movimientos en masa, el Servicio Geológico Colombiano reconoce la importancia de considerar variables geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, de pendiente, agua y uso del terreno para comprender las condiciones de estabilidad e inestabilidad. Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Las fallas geológicas representan estructuras que pueden generar zonas de fracturamiento y modificación de las condiciones del macizo rocoso. Por esta razón, su identificación cartográfica constituye un insumo importante dentro de los estudios territoriales relacionados con procesos de inestabilidad. Para el desarrollo del proyecto en California, la información geológica y estructural disponible puede ser integrada mediante SIG y posteriormente relacionada con las características del relieve y los procesos de remoción en masa. Servicio Geológico Colombiano (SGC)

El SGC plantea que los estudios de amenaza por movimientos en masa deben partir del conocimiento de las características geoambientales del territorio y utilizar información espacial para analizar las variables que intervienen en la ocurrencia de estos fenómenos. Por ello, la información geológica y de fallas puede ser

considerada dentro del conjunto de variables utilizadas para caracterizar las condiciones físicas del municipio de California. (Servicio Geológico Colombiano).

- Cambio Climático y gestión del riesgo en Santander

El cambio climático constituye un factor que debe ser considerado dentro del contexto de la gestión del riesgo, especialmente por sus posibles efectos sobre las condiciones de temperatura y precipitación. El Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres de Santander señala la necesidad de fortalecer la capacidad de adaptación del departamento frente al aumento de la temperatura media y las variaciones en las precipitaciones asociadas con el cambio climático. (Gobernación de Santander).

La planificación departamental también plantea la necesidad de integrar la reducción de los riesgos asociados a la variabilidad climática actual y al cambio climático futuro, debido a que estos pueden manifestarse mediante eventos extremos como lluvias torrenciales y otros fenómenos climáticos. Este planteamiento resulta pertinente para el proyecto porque las precipitaciones intensas pueden actuar como factores detonantes de diferentes procesos de inestabilidad y de avenidas torrenciales en territorios montañosos. (Gobernación de Santander).

Sin embargo, para el desarrollo metodológico de esta investigación, el cambio climático puede manejarse principalmente como contexto de la gestión del riesgo y como factor detonante asociado a las condiciones hidrometeorológicas, siempre que exista información suficiente para incorporarlo de manera objetiva. Esto permite mantener el enfoque principal del proyecto en el análisis del relieve y su relación con las avenidas torrenciales y los procesos de remoción en masa. (Gobernación de Santander).

- Metodología de Análisis Multicriterio

La metodología de análisis multicriterio permite integrar diferentes variables que intervienen en un determinado fenómeno para obtener una valoración conjunta del territorio. En el análisis de amenazas por movimientos en masa, este enfoque resulta útil porque la ocurrencia de estos fenómenos no depende de una única condición, sino de la interacción de diferentes factores relacionados con el terreno. Servicio Geológico Colombiano (SGC).

El SGC establece una metodología para la zonificación de amenaza por movimientos en masa que comprende tres etapas principales, caracterización geoambiental, análisis de susceptibilidad y caracterización de la amenaza. Estas etapas requieren el manejo de información espacial y el uso de herramientas SIG para procesar y analizar las diferentes variables del territorio. Servicio Geológico Colombiano (SGC)

Dentro de este enfoque, la caracterización geoambiental permite conocer las condiciones físicas del área de estudio; posteriormente, el análisis de susceptibilidad permite establecer qué sectores presentan condiciones más favorables para la ocurrencia de movimientos en masa; finalmente, la caracterización de la amenaza permite incorporar otros elementos relacionados con la probabilidad y las condiciones de ocurrencia del fenómeno. Servicio Geológico Colombiano (SGC).

El SGC destaca que la evaluación de la estabilidad de las laderas requiere considerar variables como el entorno geológico e hidrogeológico, tipo de terreno, pendiente, agua, sismos y usos del terreno. También señala la importancia de contar con cartografía temática adecuada, información hidrológica y sismológica, Sistemas de Información Geográfica y

procedimientos de análisis que permitan obtener resultados comparables y técnicamente sustentados. Servicio Geológico Colombiano (SGC).

En el caso de California, el análisis multicriterio puede constituir una estrategia para integrar la información existente sobre relieve, pendiente, geología, geomorfología, hidrografía y cobertura del suelo, entre otras variables disponibles. La combinación de estas capas mediante herramientas SIG permitiría obtener una representación espacial de las condiciones del territorio y contribuir a la definición de escenarios relacionados con los procesos de remoción en masa. Servicio Geológico Colombiano (SGC).

En relación con las avenidas torrenciales, el enfoque multicriterio también puede apoyarse en el análisis conjunto de las características de la cuenca, el relieve, la pendiente, la red de drenaje, las condiciones hidrológicas y la disponibilidad de información sobre eventos anteriores. La utilización de estas variables permite construir una aproximación espacial a las condiciones que pueden favorecer la ocurrencia de estos fenómenos y generar insumos para la gestión del riesgo. Servicio Geológico Colombiano

2.2. MARCO CONCEPTUAL

El presente marco conceptual reúne los principales conceptos relacionados con el análisis de las características del relieve y su influencia en la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa. Asimismo, incorpora conceptos asociados al uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), cartografía temática, susceptibilidad, amenaza, escenarios de riesgo, gestión del riesgo y planificación territorial, los cuales permiten establecer las bases conceptuales para el desarrollo de la investigación.

- **Relieve**

El relieve comprende las diferentes formas y características que presenta la superficie terrestre, las cuales son resultado de procesos geológicos y geomorfológicos. Entre las características que pueden ser analizadas se encuentran la elevación, pendiente, orientación y configuración de las laderas. Estas variables permiten comprender la dinámica del territorio y establecer relaciones con procesos como la erosión, los movimientos en masa y la circulación superficial del agua. En el contexto de esta investigación, el análisis del relieve constituye un elemento fundamental para identificar condiciones físicas que puedan favorecer la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa en California, Santander (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2018).

- **Geomorfología**

La geomorfología es la disciplina encargada de estudiar las formas del relieve terrestre, su origen, evolución y los procesos que intervienen en su transformación. El análisis geomorfológico permite identificar las unidades y formas del terreno y comprender los procesos de erosión, transporte y acumulación de materiales. Para el análisis de las avenidas torrenciales, el SGC considera las características geológicas y geomorfológicas como elementos importantes para comprender la dinámica de estos fenómenos (SGC, 2021).

- **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas que permiten recopilar, almacenar, organizar, analizar y representar información vinculada a una ubicación geográfica. Estos sistemas facilitan la integración

de diferentes capas de información espacial, permitiendo realizar análisis territoriales y generar productos cartográficos. En el presente proyecto, los SIG constituyen una herramienta para integrar información relacionada con el relieve, la hidrografía, la geología, la cobertura del suelo y las amenazas naturales, con el propósito de identificar espacialmente condiciones asociadas a la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa (IGAC, 2016).

- Cartografía Temática

La cartografía temática corresponde a la representación gráfica y espacial de información relacionada con un tema específico del territorio. Este tipo de cartografía permite representar variables particulares, tales como pendientes, elevación, geología, cobertura del suelo, hidrografía, amenazas y riesgos. En el desarrollo de esta investigación, la cartografía temática constituye un recurso fundamental para representar espacialmente las características del relieve y las condiciones asociadas a los fenómenos estudiados (IGAC, 2016).

- Avenidas Torrenciales

Las avenidas torrenciales son fenómenos caracterizados por flujos de agua y materiales que pueden desplazarse a gran velocidad por los cauces, transportando sedimentos, rocas, troncos y otros elementos. Estos eventos presentan generalmente una ocurrencia rápida y pueden generar importantes afectaciones en las áreas localizadas próximas a los cauces. Entre los factores relacionados con su ocurrencia se encuentran las precipitaciones intensas, las características geomorfológicas de las cuencas,

las pendientes y la disponibilidad de material susceptible de ser transportado (*IDEAM, s. f.; SGC, 2021*).

- Procesos de Remoción en Masa

Los procesos de remoción en masa corresponden al desplazamiento de materiales como suelo, roca, detritos o escombros pendiente abajo, principalmente debido a la acción de la gravedad. Estos procesos incluyen fenómenos como deslizamientos, caídas, flujos y movimientos complejos. Su ocurrencia está condicionada por factores propios del terreno, entre ellos la pendiente, la geología, la geomorfología y las características del suelo, además de factores detonantes como las lluvias intensas o prolongadas (*IDEAM, s. f.; SGC, 2017*).

- Susceptibilidad

La susceptibilidad hace referencia a la predisposición de un territorio para la ocurrencia de un determinado fenómeno, de acuerdo con las condiciones físicas que favorecen su generación. Para el caso de los movimientos en masa, esta condición puede analizarse mediante variables como la pendiente, la geomorfología, la geología, la cobertura del suelo y otros factores relacionados con la estabilidad del terreno. La evaluación de la susceptibilidad permite identificar espacialmente sectores con diferentes grados de predisposición frente a la ocurrencia de un fenómeno (*SGC, 2017*).

- Amenaza

La amenaza corresponde a la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un lugar determinado y durante un periodo específico. En el contexto de este proyecto, la amenaza está relacionada con

la posible ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa que puedan generar afectaciones sobre la población, infraestructura, bienes y demás elementos presentes en el territorio. La identificación y zonificación de amenazas constituye un componente fundamental para la gestión del riesgo y la planificación territorial (*Congreso de Colombia, 2012; SGC, 2017*).

- Escenarios de Riesgos

Los escenarios de riesgo permiten representar y analizar las posibles condiciones de riesgo existentes o futuras en un territorio, considerando la interacción entre las amenazas, la exposición y las condiciones de vulnerabilidad. Su elaboración facilita la identificación de posibles afectaciones y constituye un instrumento para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la prevención, reducción y manejo del riesgo (*Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD], 2017*).

- Gestión del Riesgo de Desastres

La gestión del riesgo de desastres comprende el conjunto de procesos orientados al conocimiento y reducción del riesgo, así como al manejo de los desastres. En Colombia, este concepto se encuentra establecido en la Ley 1523 de 2012, mediante la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. La gestión del riesgo busca contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (*Congreso de Colombia, 2012*).

- Planificación Territorial

La planificación territorial comprende los procesos mediante los cuales se orienta la ocupación, utilización y transformación del territorio, considerando sus características ambientales, sociales, económicas y físicas. En Colombia, la Ley 388 de 1997 establece instrumentos para el ordenamiento territorial y determina que los municipios deben planificar el uso y ocupación del suelo considerando, entre otros aspectos, la prevención de riesgos y la protección del medio ambiente. Por esta razón, la identificación de escenarios de riesgo constituye un insumo importante para orientar la planificación y el ordenamiento del territorio (*Congreso de Colombia, 1997*).

2.3. MARCO LEGAL

- Ley 99 de 1993

La Ley 99 de 1993, expedida el 22 de diciembre de 1993, constituye una de las principales normas ambientales de Colombia. Esta ley estableció los fundamentos para la protección, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente. Asimismo, reorganizó la institucionalidad ambiental del país y estableció mecanismos para garantizar una adecuada gestión de los recursos naturales. (Congreso de Colombia, 1993).

Uno de sus principales aportes fue la creación del Ministerio del Medio Ambiente, como entidad encargada de formular y dirigir las políticas ambientales nacionales. De igual manera, la ley estableció el Sistema Nacional Ambiental (SINA), conformado por el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten desarrollar la política ambiental colombiana. (Congreso de Colombia, 1993).

La Ley 99 de 1993 también fortaleció las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), otorgándoles responsabilidades relacionadas con la administración, conservación y protección de los recursos naturales dentro de sus respectivas jurisdicciones. Entre sus funciones se encuentran el seguimiento y control ambiental, la administración de recursos naturales y la

ejecución de programas orientados al desarrollo sostenible.(Congreso de Colombia, 1993).

Otro aspecto fundamental de esta ley es el reconocimiento de la necesidad de alcanzar undesarrollo sostenible, entendido como aquel que permite satisfacer las necesidades de la población sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. Para ello, establece principios orientados a la protección de la biodiversidad, los ecosistemas, el agua, el suelo y demás recursos naturales.(Congreso de Colombia, 1993).

La ley también reconoce la participación de la ciudadanía en los asuntos ambientales, permitiendo que las comunidades intervengan y tengan acceso a información relacionada con decisiones que puedan afectar el medio ambiente. De esta manera, se reconoce que la protección ambiental no corresponde únicamente al Estado, sino que requiere la participación activa de la sociedad. (Congreso de Colombia, 1993).

Finalmente, la Ley 99 de 1993 estableció las bases para instrumentos de gestión y control ambiental, entre ellos las licencias ambientales para determinados proyectos, obras o actividades que puedan generar impactos significativos sobre los recursos naturales. En este sentido, la norma constituye un referente fundamental para la planificación ambiental y para la prevención, manejo y control de los impactos derivados de las actividades humanas. (Congreso de Colombia, 1993).

Figura 1. Estructura del Sistema Nacional Ambiental (SINA), establecido mediante la Ley 99 de 1993.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- Ley 388 de 1997

La Ley 388 de 1997, expedida el 18 de julio de 1997, establece disposiciones relacionadas con el ordenamiento territorial de los municipios y distritos en Colombia. Su propósito principal es orientar la organización y el desarrollo del territorio, regulando la utilización, transformación y ocupación del suelo de acuerdo con las necesidades sociales, económicas, urbanísticas y ambientales de cada territorio. (Congreso de Colombia, 1997)

Esta ley busca que los municipios puedan planificar y organizar su territorio de manera adecuada, promoviendo un uso equitativo y racional del suelo, la protección del patrimonio ecológico y cultural, la prevención de desastres y la creación de condiciones apropiadas para el desarrollo de las comunidades. También establece que la planificación territorial debe realizarse en armonía con el medio ambiente. (Congreso de Colombia, 1997)

Uno de los elementos más importantes de la Ley 388 de 1997 es el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), mediante el cual los municipios y distritos

establecen las directrices para organizar el territorio y determinar los usos del suelo. Estos instrumentos permiten definir, entre otros aspectos, las áreas destinadas a vivienda, actividades económicas, infraestructura, protección ambiental y otros usos que se consideren necesarios para el desarrollo del municipio. (Congreso de Colombia, 1997)

La ley se fundamenta en principios como la función social y ecológica de la propiedad, la prevalencia del interés general sobre el particular y la distribución equitativa de las cargas y beneficios derivados del ordenamiento territorial. Además, reconoce la importancia de la participación ciudadana en la formulación, discusión y ejecución de los instrumentos de planificación territorial. (Congreso de Colombia, 1997)

Otro aspecto relevante es que la Ley 388 busca integrar la planificación económica y social con la dimensión territorial, procurando que el crecimiento de los municipios se realice de manera organizada y sostenible. Para ello, contempla instrumentos de gestión del suelo, actuaciones urbanísticas y mecanismos que permiten orientar el desarrollo de las ciudades y proteger áreas de importancia ambiental. (Congreso de Colombia, 1997)

En términos generales, la Ley 388 de 1997 proporciona el marco jurídico para que los municipios y distritos planifiquen su territorio, definan los usos del suelo y orienten su crecimiento, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos, urbanísticos, culturales y ambientales. Por esta razón, constituye una norma fundamental para el ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo sostenible en Colombia. (Congreso de Colombia, 1997)

- Ley 1523 de 2012

La Ley 1523 de 2012, expedida el 24 de abril de 2012, establece la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) en Colombia. Su finalidad es establecer los principios, responsabilidades, instrumentos y mecanismos necesarios para prevenir y reducir los riesgos de desastres, así como para responder y recuperarse ante situaciones que puedan afectar a la población, los bienes, la infraestructura y el medio ambiente. Congreso de Colombia. (2012)

La ley entiende la gestión del riesgo de desastres como un proceso social, que comprende acciones permanentes de conocimiento y reducción del riesgo, además del manejo de los desastres. Estas acciones buscan contribuir a la seguridad, el bienestar y la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. Asimismo, establece que la gestión del riesgo debe estar relacionada con la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial, integrando la dimensión ambiental y territorial en los diferentes niveles de gobierno. Congreso de Colombia. (2012)

Un aspecto fundamental de esta norma es que la responsabilidad de la gestión del riesgo es compartida entre las autoridades, las entidades públicas y privadas, las organizaciones comunitarias y los habitantes del territorio colombiano. De esta manera, la prevención y reducción del riesgo no dependen únicamente del Estado, sino que requieren la participación y corresponsabilidad de los diferentes actores de la sociedad. Congreso de Colombia. (2012)

La Ley 1523 también establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, conformado por entidades públicas, privadas y comunitarias, junto con políticas, normas, procesos, recursos, planes, estrategias e

instrumentos destinados a gestionar el riesgo en el país. Dentro de este sistema participan diferentes niveles de gobierno, incluyendo la Nación, los departamentos, los distritos y los municipios. Congreso de Colombia. (2012)

La gestión del riesgo se desarrolla principalmente a través de tres procesos: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres. El conocimiento busca identificar y comprender los riesgos existentes; la reducción pretende prevenir la creación de nuevos riesgos y disminuir los ya existentes; y el manejo de desastres comprende la preparación, respuesta y recuperación frente a situaciones de emergencia. Congreso de Colombia. (2012)

En relación con el ordenamiento territorial, la Ley 1523 de 2012 establece que la gestión del riesgo debe incorporarse en los procesos de planificación del territorio. Esto significa que los municipios y demás entidades territoriales deben considerar las condiciones de riesgo existentes al momento de planificar el uso y ocupación del suelo, con el propósito de evitar que el crecimiento y desarrollo territorial genere nuevas condiciones de vulnerabilidad. Congreso de Colombia. (2012)

Figura 2. Ley 1523 de 2012 y la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.



Fuente: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).

2.4. MARCO GEOGRAFICO Y AMBIENTAL

- Marco Geográfico

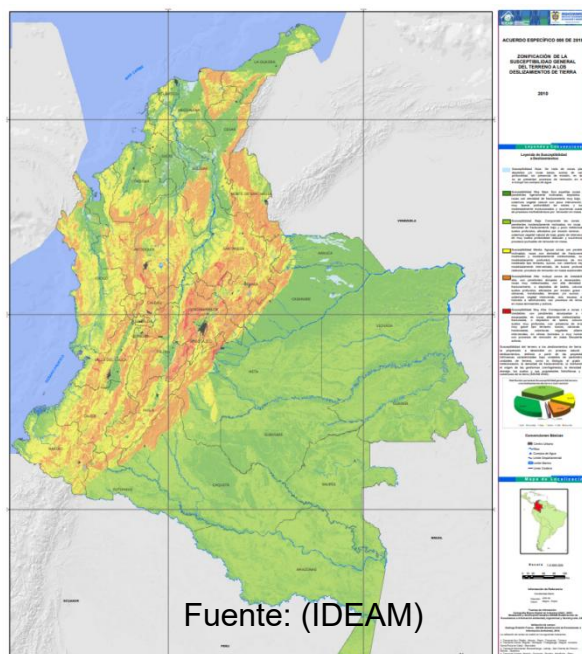
El municipio de California se encuentra localizado en el departamento de Santander, en la provincia de Soto Norte, al nororiente de Bucaramanga. El territorio municipal se encuentra aproximadamente a 51-65 km de Bucaramanga, dependiendo de la referencia y del trazado vial considerado.

Geográficamente, California hace parte de las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, lo que determina una topografía predominantemente montañosa, con terrenos ondulados, quebrados y pendientes que pueden variar desde inclinadas hasta escarpadas. La cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 2.005 metros sobre el nivel del mar, mientras que dentro del territorio municipal se alcanzan elevaciones cercanas a los 4.000 metros. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019).

El municipio limita principalmente con Suratá y Vetas, y cuenta con un territorio de aproximadamente 52,6 km². Administrativamente, California está conformado por las veredas de Angosturas, La Baja, Centro, Pantanos, Santa Úrsula y Cerrillos, que presentan diferentes características de ocupación y actividades económicas. Las veredas de Angosturas y La Baja han tenido una importante tradición minera, mientras que en sectores como Cerrillos, Santa Úrsula y Pantanos se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias, principalmente orientadas al autoconsumo. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019).

Desde el punto de vista climático, California presenta condiciones asociadas a su ubicación en la montaña andina y a las diferencias de altitud existentes dentro del municipio. En la cabecera municipal se registra una temperatura promedio cercana a 17 °C, con valores que pueden oscilar aproximadamente entre 13 °C y 20 °C. En las zonas de mayor elevación las condiciones son considerablemente más frías, especialmente en los sectores relacionados con los ecosistemas alto andinos y de páramo. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019).

Desde el punto de vista climático, el municipio de California, Santander, presenta condiciones determinadas principalmente por su ubicación en la zona montañosa de la Cordillera Oriental y por las variaciones de altitud que caracterizan su territorio. Para la caracterización de variables como precipitación, temperatura y comportamiento meteorológico, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) constituye una fuente oficial de referencia, debido a que dispone de información proveniente de estaciones hidrometeorológicas y herramientas de consulta que permiten analizar las condiciones climáticas e hidrológicas del territorio colombiano. Esta información permite complementar la caracterización geográfica de California y comprender la relación existente entre su relieve, altitud y condiciones climáticas. (IDEAM)



- Marco Ambiental

Desde la perspectiva ambiental, California posee una gran importancia debido a su ubicación dentro de la zona de influencia del complejo de páramos de Santurbán, uno de los ecosistemas estratégicos de mayor relevancia hídrica y ecológica del nororiente colombiano. El territorio presenta una transición entre diferentes pisos altitudinales, incluyendo áreas de bosque andino, bosque altoandino y ecosistemas de páramo. Estos ambientes permiten la existencia de una importante diversidad de flora y fauna y cumplen funciones fundamentales para la regulación y conservación del recurso hídrico. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

La importancia ambiental de California está estrechamente relacionada con sus recursos hídricos. El municipio pertenece a la cuenca superior del río Lebrija, específicamente a la subcuenca del río Suratá y a la microcuenca del río Vetás. Dentro de su sistema hidrográfico se encuentran corrientes como la quebrada La Baja, junto con otras quebradas y afluentes que contribuyen al drenaje del territorio. En las zonas de mayor altitud también se encuentran cuerpos de agua asociados a los ecosistemas de páramo, como la Laguna de Páez. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

El Páramo de Santurbán tiene especial relevancia debido a su función como zona de recarga, almacenamiento y regulación del agua. La información ambiental del departamento de Santander señala que este complejo de páramos constituye una reserva natural estratégica y que sus ecosistemas y fuentes hídricas tienen importancia para el abastecimiento de numerosas poblaciones de Santander y Norte de Santander. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Otro aspecto importante del contexto ambiental de California es la relación entre la conservación de los ecosistemas y las actividades económicas desarrolladas por la población. Históricamente, la minería de oro ha tenido una presencia significativa en el municipio, particularmente en sectores como Angosturas y La Baja. Esta actividad ha generado la necesidad de fortalecer los procesos de planificación ambiental, manejo de los recursos naturales y protección de las fuentes hídricas. Al mismo tiempo, las comunidades rurales desarrollan actividades agrícolas y pecuarias que forman parte de la dinámica económica y social del territorio. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

La presencia del páramo también ha generado procesos de delimitación, concertación y protección ambiental, en los cuales han participado entidades gubernamentales, autoridades ambientales y comunidades locales. En estos procesos se han considerado aspectos relacionados con la protección de las fuentes hídricas, las actividades económicas existentes y la necesidad de establecer mecanismos de conservación compatibles con las condiciones sociales y económicas de la población. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo descriptiva, debido a que busca identificar, caracterizar y analizar las condiciones físicas del relieve que influyen en la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa en la zona de la quebrada La Baja, municipio de California, Santander. La investigación permite describir las características geomorfológicas e hidrológicas del territorio y establecer relaciones entre las variables del relieve y los fenómenos de amenaza estudiados.

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, dado que emplea información cartográfica, modelos digitales de elevación, registros históricos de eventos y variables físicas medibles, las cuales son procesadas mediante herramientas SIG para generar resultados espaciales y escenarios de riesgo.

Se utiliza el método analítico, ya que se estudian de manera independiente diferentes variables del relieve, tales como pendiente, hipsometría, orientación, geomorfología y parámetros morfométricos de la cuenca, para posteriormente integrarlas en un modelo multicriterio que permita evaluar la influencia de estas

variables sobre la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.

El área de estudio corresponde a la zona de influencia de la quebrada La Baja, ubicada en el municipio de California, departamento de Santander. Esta zona se caracteriza por presentar un relieve montañoso, altas pendientes, una red de drenaje compleja y condiciones climáticas que favorecen la ocurrencia de fenómenos asociados a la inestabilidad de laderas y flujos torrenciales.

Para el desarrollo de la investigación se empleará información secundaria proveniente de diferentes entidades oficiales, entre ellas:

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).
- Alcaldía Municipal de California.
- Estudios técnicos, cartografía temática y literatura científica relacionada con la gestión del riesgo.

3.1. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL PROYECTO

- Fase 1. Recopilación y organización de información

En esta primera fase se recopiló información sobre los eventos de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa que se han presentado

anteriormente en el municipio de California, Santander, y en algunas zonas cercanas. Esta información permitió conocer los antecedentes del territorio, identificar los lugares donde se han presentado estos fenómenos y reconocer las posibles condiciones que estuvieron relacionadas con su ocurrencia.

El propósito de realizar esta recopilación fue tener una base de datos que sirva como punto de partida para las siguientes fases del proyecto. Al conocer dónde y cuándo han ocurrido estos eventos, se puede posteriormente comparar esta información con las características del relieve, como la pendiente, la elevación, la geomorfología, utilizando herramientas SIG. De esta manera, se buscó identificar si existe alguna relación entre las condiciones del terreno y la ocurrencia de estos fenómenos.

- Avalancha en Angosturas, California.
 - Cuatro municipios de Santander están incomunicados por colapso de puente.
 - Cerrada la vía Surata – California, en Santander, por derrumbes y deslizamientos.
-
- Fase 2. Análisis de las características del relieve

En esta fase se realizó el análisis de las características físicas y ambientales del municipio de California, Santander, mediante el uso de un Modelo Digital de Elevación (MDE) y diferentes capas de información geográfica en formato vectorial obtenidas de fuentes oficiales (Colombia en mapas). La información fue integrada y procesada mediante herramientas de Sistemas de

Información Geográfica (SIG), con el propósito de identificar las condiciones del territorio que pueden estar relacionadas con la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.

Tabla 1.

Información sobre variables utilizadas para análisis de características del relieve

Mapas realizados mediante:	
Modelo Digital de Elevación (MDE)	Datos vectoriales (Colombia en Mapas)
Pendientes	Clima
Hipsometría	Geoformas
Orientación de laderas (Aspecto)	Coberturas
	Fallas
	Drenajes
	UGC

Nota: Tabla elaborada por autores

- Fase 3. Construcción del modelo multicriterio

En esta fase se integraron las diferentes variables obtenidas y recopiladas en las fases anteriores con el propósito de identificar las áreas que presentan mayores condiciones para la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa en el municipio de California, Santander. Para ello, se utilizó un modelo de análisis multicriterio dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG), que permitirá combinar las diferentes características físicas, ambientales y territoriales del área de estudio.

Antes de realizar la combinación de las variables, las capas fueron preprocesadas y estandarizadas para que puedan ser comparadas entre sí. Esto implica trabajar las capas en un mismo sistema de coordenadas, extensión y tamaño de celda cuando corresponda, y posteriormente asignar valores o categorías de acuerdo con el grado de influencia que cada variable

pueda tener sobre el fenómeno analizado. Este procedimiento permite integrar variables que originalmente presentan diferentes unidades y formas de representación dentro de un mismo análisis espacial (Malczewski, 2006).

- Fase 4. Análisis de resultados y formulación de recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos se elaboraron mapas de amenaza clasificados en niveles bajo, medio y alto. Posteriormente se realizó la interpretación de los resultados para identificar las zonas con mayor susceptibilidad a avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa. Finalmente, se analizaron los escenarios obtenidos y se formularon recomendaciones orientadas al fortalecimiento de la gestión del riesgo y a la actualización de los instrumentos de planificación territorial del municipio.

Herramientas y software

Para el procesamiento y análisis de la información se utilizaron:

- QGIS.
- ArcGIS Pro.
- Google Earth Pro.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Modelos Digitales de Elevación (MDE).

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

Figura 4. Diagrama de flujo

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR:Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN:Octubre de 2023



Fuente: Elaborado por autores con ayuda de IA

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

4.1. Zonificación del área de estudio (Municipio California – Santander)

- Ubicación geográfica

El municipio de California se encuentra ubicado en la provincia de Soto Norte, en el departamento de Santander al noreste de la ciudad de Bucaramanga y esta se localiza sobre las estribaciones de la Cordillera Oriental colombiana, presentando una topografía montañosa con pendientes que varían entre inclinadas y escarpadas, característica que influye significativamente en la dinámica hidrológica y geomorfológica del territorio.

La cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 51 km al noreste de Bucaramanga y forma parte de la cuenca superior del río Lebrija, específicamente de la subcuenca del río Suratá. Entre sus principales corrientes hídricas se destaca la quebrada La Baja, objeto de estudio de la presente investigación, la cual drena sus aguas hacia el río Vetás y posteriormente al río Suratá, el municipio limita al:

- Norte: Municipio de Surata y el departamento del Norte de Santander
- Oriente: Municipio de Vetás
- Sur: Municipio de Surata
- Occidente: Municipio de Surata

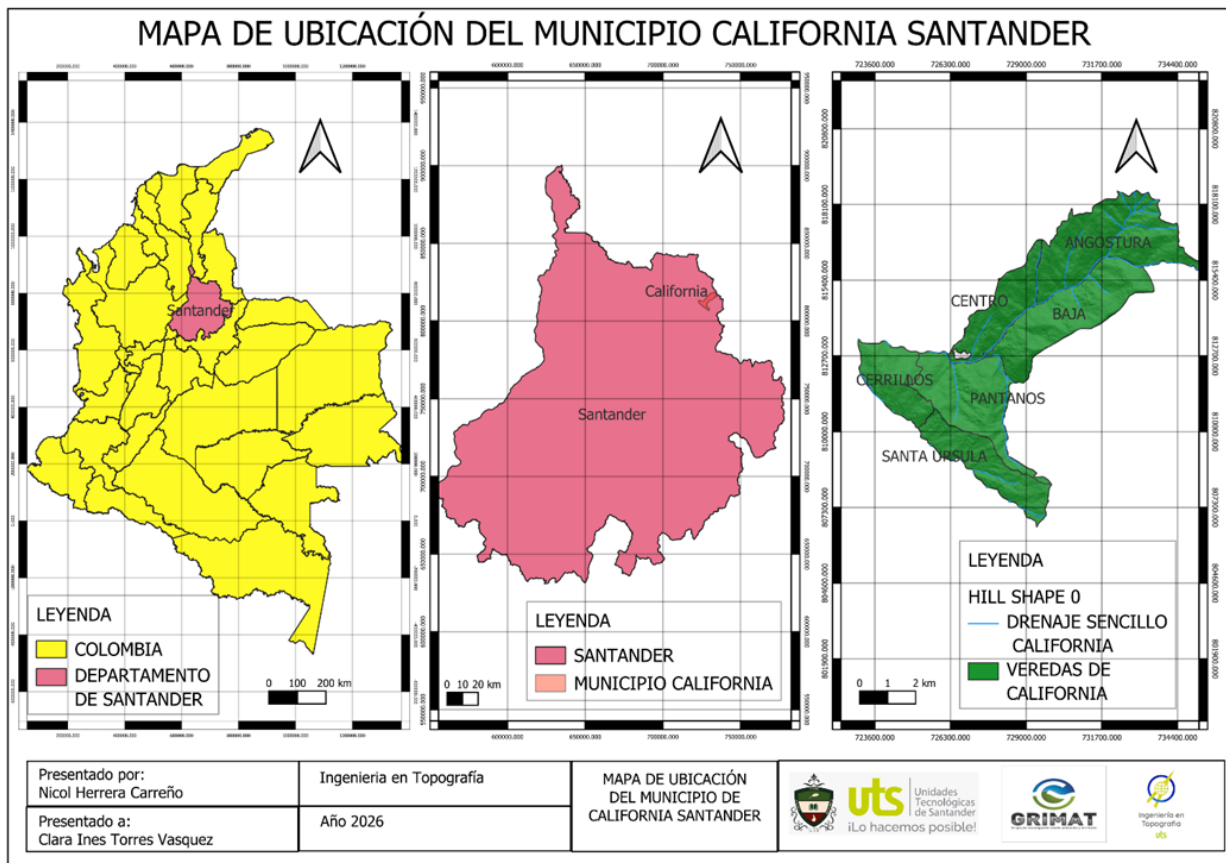
Sus coordenadas geográficas aproximadas son:

- Latitud: 7°21'N

- Longitud: 72°57'O

Ubicándose dentro de una zona de alta montaña andina asociada al complejo de páramos de Santurbán, área de gran importancia ambiental e hídrica para el nororiente colombiano.

Figura 5. Mapa zona de estudio



Fuente: Elaborado por autores

- División Político – Administrativa

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR:Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN:Octubre de 2023

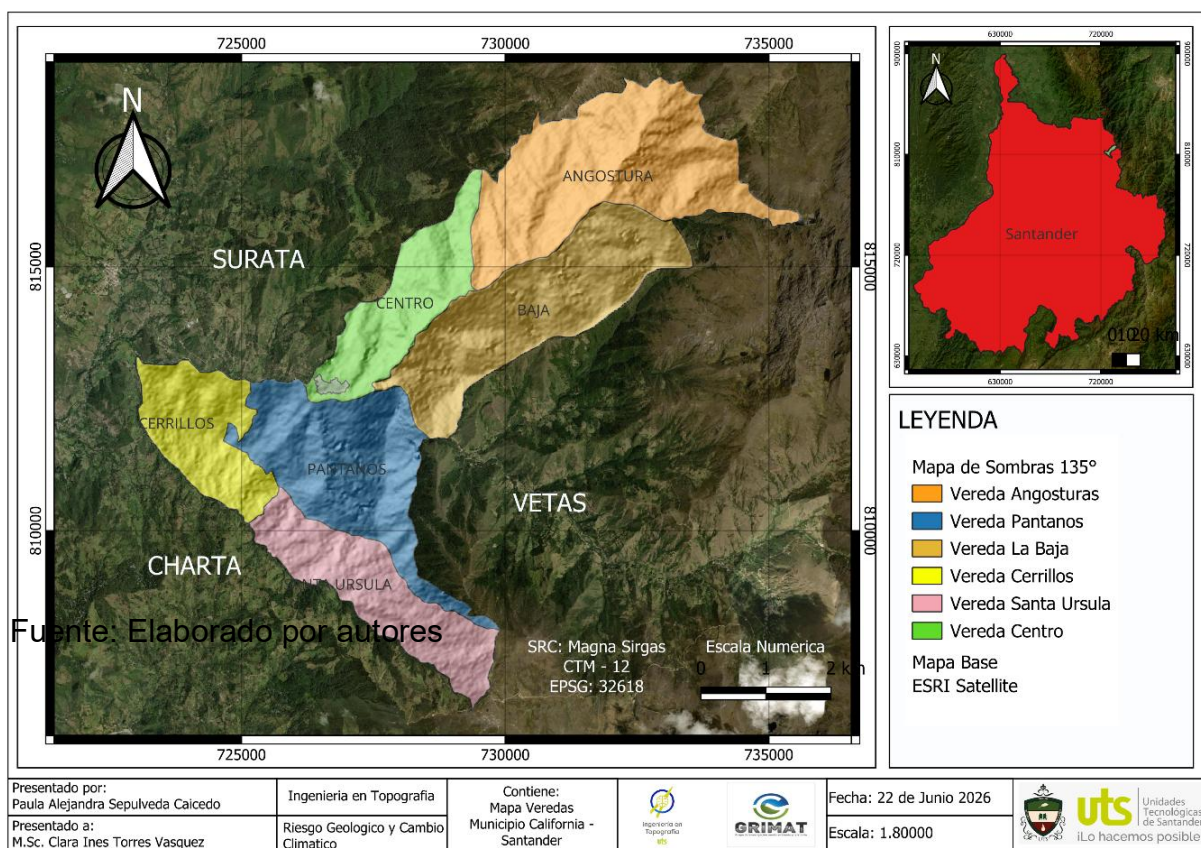
Administrativamente, California es una entidad territorial de categoría sexta, gobernada por una Alcaldía Municipal y un Concejo Municipal, de conformidad con lo establecido en la Constitución Política de Colombia y la legislación vigente sobre organización territorial. La administración municipal es responsable de la planificación del desarrollo local, el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo de desastres dentro de su jurisdicción.

El municipio está conformado por una cabecera municipal y varias veredas rurales, entre las cuales se encuentran La Baja, Angosturas, Cerrillos, Pantanos, La Chacra y otras zonas rurales que desarrollan actividades principalmente relacionadas con la minería, la ganadería y la agricultura de pequeña escala. La mayor parte de la población se concentra en la cabecera municipal y en los sectores cercanos a los corredores viales principales.

California integra la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB, entidad encargada de la administración de los recursos naturales renovables y la gestión ambiental en el territorio. Asimismo, hace parte del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD), a través del Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD), organismo responsable de coordinar las acciones de conocimiento, reducción y manejo del riesgo en el municipio.

Debido a sus características geográficas, ambientales y socioeconómicas, el municipio presenta una estrecha relación entre los procesos de planificación territorial, la gestión ambiental y la gestión del riesgo, especialmente frente a amenazas como movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones asociadas a las dinámicas de montaña

Figura 6. División Política del Municipio de California 2026 (Veredas)



ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

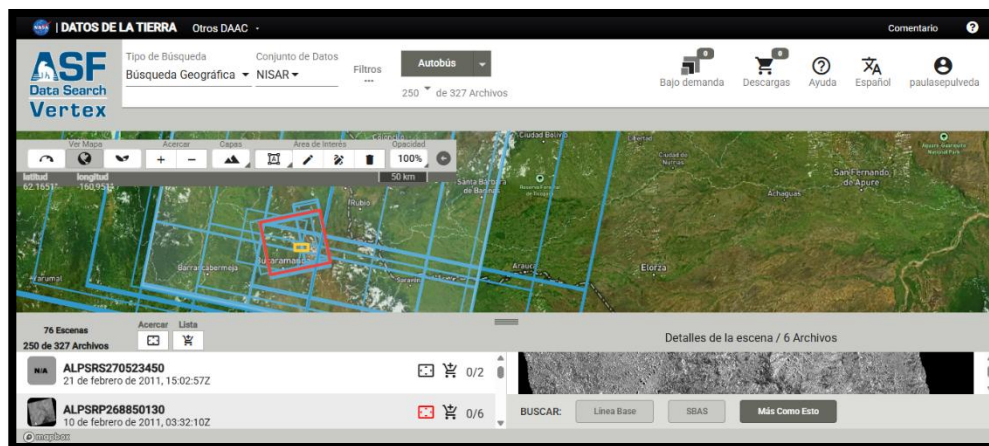
4.2. Descripción de las variables temáticas

Posteriormente se realizó la interpretación espacial de cada variable generada para mapas temáticos a partir del DEM con el fin de identificar áreas con condiciones favorables para la ocurrencia de amenazas naturales.

- Modelo Digital de Elevación (DEM)

Un Modelo Digital de Elevación (MDE) es una representación digital de las elevaciones de la superficie terrestre que permite describir la variación de altura y las características topográficas de un territorio. Estos modelos son utilizados en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar diferentes análisis del relieve, ya que a partir de los valores de elevación es posible obtener información derivada como pendiente, orientación de laderas e hipsometría. La plataforma Alaska Satellite Facility (ASF) Vertex) permite realizar búsquedas geográficas y descargar diferentes productos de información de observación de la Tierra para su utilización en investigaciones geoespaciales.

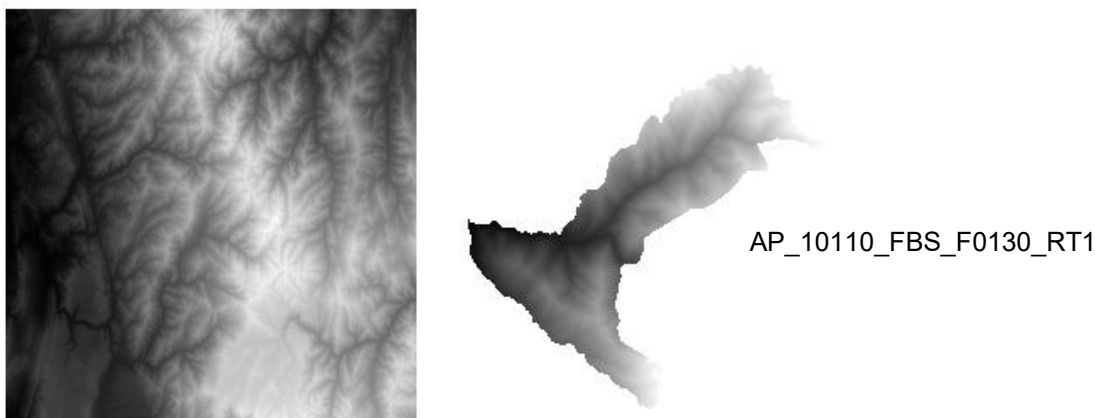
Figura 7. Captura de la página de Alaska Vertex



Nota. Plataforma Alaska Vertex para la consulta y descarga de modelos digitales de elevación. Fuente: Alaska Satellite Facility. (s. f.). Vertex Data Search. <https://search.asf.alaska.edu/#/>

En el presente proyecto, el MDE se utilizó como una de las principales fuentes de información para analizar las características del relieve de California, Santander. A partir de este modelo se generaron los mapas de pendiente, hipsometría y orientación de laderas. Estos productos permitieron identificar las características topográficas del territorio y posteriormente relacionarlas con la ocurrencia de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa.

Figura 8. DEM descargado y cortado para el municipio de California -
Santander



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida de plataforma University of Alaska System , 2026.

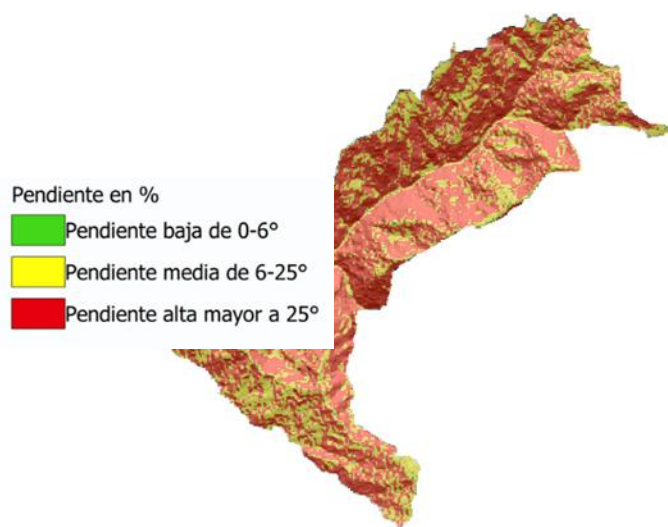
- Pendiente en grados

El mapa de pendientes permite identificar las zonas donde el terreno presenta diferentes grados de inclinación. Este mapa se puede obtener a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM), que permite representar las variaciones de altura y forma del relieve. La pendiente puede expresarse en grados o porcentajes y organizarse en diferentes rangos para facilitar la interpretación del terreno. Su análisis es importante en este proyecto, ya que las características de la pendiente pueden influir en la estabilidad de las laderas y, por tanto, en la ocurrencia de procesos de remoción en masa. Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2017).

En este proyecto, el mapa de pendientes es necesario porque permitió identificar y localizar las zonas del municipio de California, Santander, que

presentan mayores inclinaciones del terreno. Esta información fue utilizada dentro del análisis multicriterio para establecer la relación entre la pendiente y la ocurrencia de procesos de remoción en masa, así como para complementar el análisis de las condiciones del relieve relacionadas con las avenidas torrenciales. Además, al comparar este mapa con los registros históricos de eventos, fue posible analizar si las zonas donde anteriormente se han presentado fenómenos coinciden con sectores que presentan determinadas condiciones de pendiente.

Figura 9. Visualización de pendientes en grados del municipio de california



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

Para la generación del mapa de pendientes se utilizó como insumo base el Modelo Digital de Elevación (DEM) de 12.5 m de resolución obtenido para el municipio de California, Santander, el cual fue previamente cortado a los límites de este municipio.

A partir de este modelo, se procesó la información con la ayuda del Software Qgis, haciendo el análisis del terreno para poder conocer qué tan inclinado está el terreno en cada punto del municipio, expresado en porcentajes, y poder representarlo en un nuevo mapa obtenido a partir del DEM.

En el caso del municipio de California, presenta un relieve predominantemente montañoso y escarpado, donde la mayor parte de su territorio se encuentra cubierta por pendientes superiores al 25%, clasificados como altas a muy altas según la clasificación del IGAC

Tabla 2.
Clasificación del IGAC

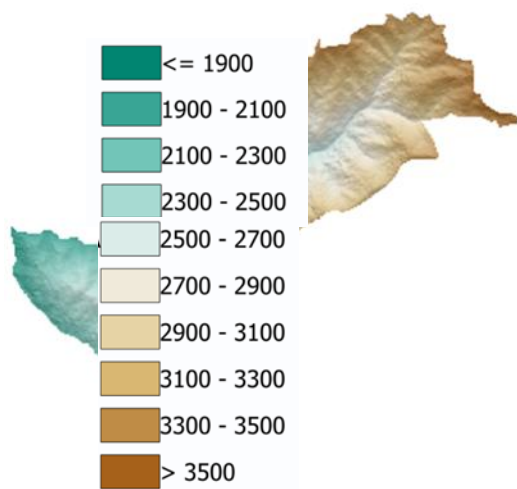
Rango	Denominación
0 – 3%	Plana o a nivel (ligeramente plana)
3 – 7%	Ligeramente inclinada / suave
7 – 12%	Moderadamente inclinada
12 – 25%	Fuertemente inclinada / fuertemente quebrada
25 – 50%	Ligeramente escarpada / muy fuertemente inclinada
50 – 75%	Moderadamente escarpada
> 75%	Fuertemente escarpada / muy escarpada

Nota: Tabla según información del IGAC

- Hipsométrico

El mapa hipsométrico representa las variaciones de altura que se encuentran en el terreno dentro de una determinada zona de estudio. Su elaboración se realiza principalmente a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM), con el cual se pueden clasificar las diferentes elevaciones en rangos. Esta clasificación facilita la diferenciación entre las áreas de menor, media y mayor altitud, mostrando de manera gráfica la distribución de las elevaciones en el territorio. Para este proyecto, este tipo de cartografía resulta útil para conocer cómo se encuentra distribuido el relieve de California y relacionarlo con las características físicas que pueden influir en la ocurrencia de procesos de remoción en masa y avenidas torrenciales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, s. f.).

Figura 10. Visualización de Hipsométrico del Municipio de California



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

A partir del DEM de California se generó un hillshade (sombreado de relieve tridimensional) con un ángulo de 0°, con el fin de resaltar visualmente el relieve y darle mayor profundidad al mapa. Sobre esta base, se clasificaron los valores de elevación del DEM los cuales oscilan entre 1706 y 3665 msnm en 8 rangos altitudinales, con la ayuda del software Qgis.

Esto permitió visualizar de una manera clara la distribución de las alturas sobre el nivel del mar en todo el territorio del municipio que ayudan analizar y entender el ambiente y clima del municipio, en este caso, se identificó que según sus alturas se asocian a climas fríos y de páramo, lo que indica mayor humedad y precipitaciones.

- Orientación de laderas (Aspecto)

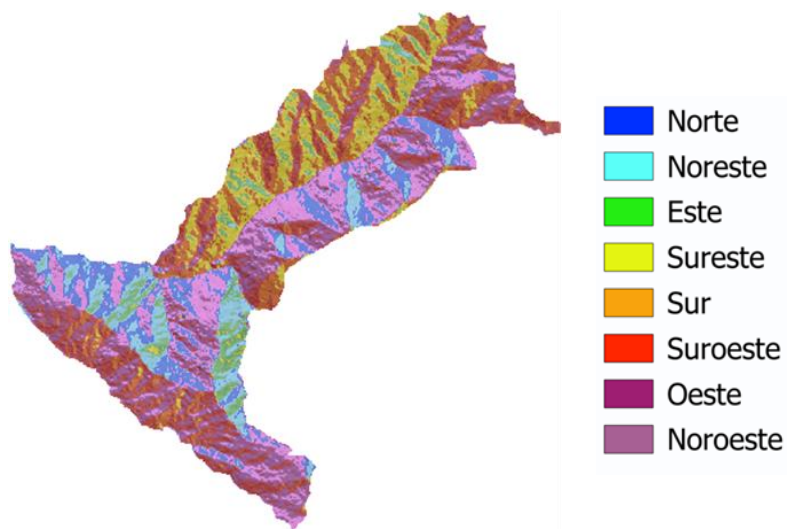
La orientación de laderas o aspecto corresponde a la dirección hacia la cual está orientada una superficie del terreno con respecto a los puntos cardinales. Esta variable se obtiene a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) y permite identificar si una ladera está orientada, por ejemplo, hacia el norte, sur, oriente, occidente o alguna dirección intermedia. El aspecto es una característica importante del relieve porque puede influir en las condiciones de exposición de las laderas, especialmente frente a factores como la radiación solar, la humedad y el comportamiento de la vegetación y los suelos (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2017).

Figura 11. Visualización de Aspecto del Municipio de California

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR:Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN:Octubre de 2023



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

En la visualización evidencio una distribución variada de orientaciones, sin embargo, predominan laderas orientadas hacia los cuadrantes norte, noroccidente y occidente, lo que influye las laderas con menor exposición solar suelen conservar mayores niveles de humedad, condición que puede favorecer la pérdida de resistencia de los materiales y la ocurrencia de movimientos en masa. Además, permitió identificar la exposición solar y la orientación relativa de las laderas, la humedad y temperatura del suelo y cobertura vegetal

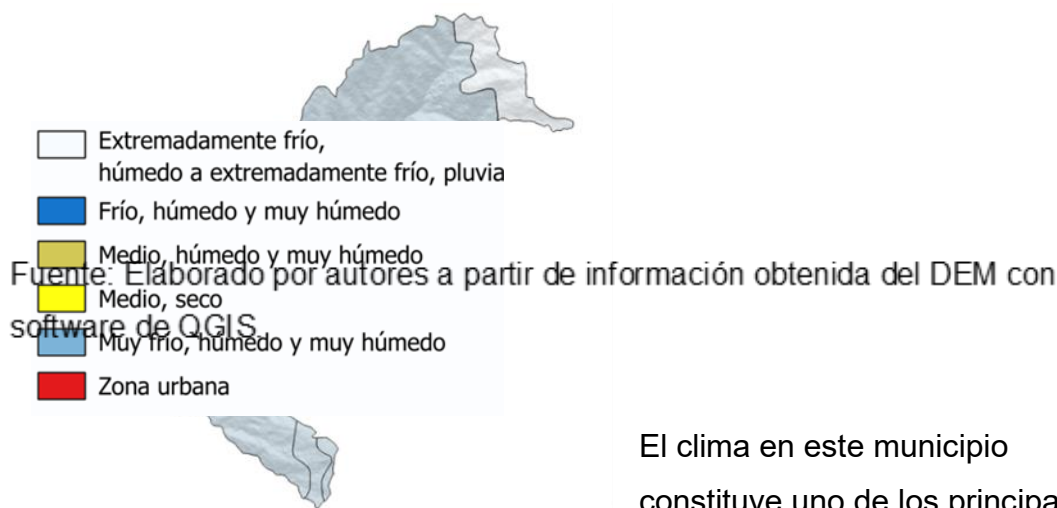
- **Clima**

Dentro del análisis de las condiciones ambientales de un territorio, el mapa de clima es una herramienta que ayuda a conocer cómo se distribuyen espacialmente las diferentes características climáticas de una zona. Para su elaboración se pueden considerar variables como la temperatura, la

precipitación y la humedad, entre otras, que permiten reconocer las condiciones predominantes en el área de estudio. La representación de estos elementos facilita la identificación de las diferencias climáticas presentes en el territorio y su relación con otros factores físicos. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

En el presente proyecto, el mapa de clima se obtuvo a partir de la información cartográfica de Uso del Suelo de Colombia, la cual fue descargada en formato vectorial y posteriormente incorporada al software QGIS para su procesamiento y representación. A partir de esta información se realizó la selección y delimitación correspondiente al municipio de California, Santander, con el propósito de obtener la distribución de las unidades climáticas presentes en el área de estudio.

Figura 12. Visualización del clima del California



El clima en este municipio constituye uno de los principales

factores detonantes de movimientos en masa dentro del municipio, especialmente en las áreas de montaña con pendientes superiores al 25%.

El mapa climático muestra cuatro unidades principales:

- Extremadamente frío, húmedo a pluvial.

- Muy frío, húmedo y muy húmedo.
- Frío, húmedo y muy húmedo.
- Medio húmedo y medio seco.

Se evidencio un predominio de condiciones húmedas y muy húmedas sobre gran parte del municipio.

- Coberturas

Conocer cómo está ocupado el territorio es fundamental para analizar sus características ambientales, y para ello se utiliza el mapa de coberturas de la tierra. Esta cartografía muestra la distribución de elementos como bosques, áreas agrícolas, pastizales, cuerpos de agua, zonas urbanizadas y diferentes tipos de vegetación. A partir de esta información se puede observar qué tipo de cobertura predomina en cada sector y cómo se encuentra distribuida dentro del área de estudio. En Colombia, el IDEAM desarrolla información sobre coberturas de la tierra mediante la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, lo que permite realizar una clasificación organizada y comparable de las coberturas presentes en el territorio. (IDEAM, s. f.).

Figura 13. Visualización de Mapa de Coberturas (2024) Municipio de California



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

La Visualización de cobertura se generó a partir de la interpretación de imágenes satelitales, identificando los diferentes usos y coberturas presentes en el territorio, para luego clasificarlos en categorías (vegetación, área construida, pastizales, nubes, drenajes, curvas de nivel).

Se elaboró con el fin de conocer cómo está distribuido y ocupado el territorio, siendo un insumo clave para evaluar la capacidad de protección natural del suelo frente a procesos erosivos y de remoción en masa.

- Geoformas

Las formas que presenta el terreno son el resultado de diferentes procesos que han actuado sobre la superficie terrestre a lo largo del tiempo. Estas formas, conocidas como geoformas, pueden corresponder a laderas, valles, terrazas, abanicos, escarpes, depósitos, entre otras. El mapa de geoformas permite identificar y representar espacialmente estas características del relieve, facilitando la comprensión de la forma y evolución del terreno. En el análisis de los movimientos en masa, la información geomorfológica es importante porque algunas formas del relieve pueden presentar condiciones más favorables para la ocurrencia de procesos de inestabilidad. Por esta razón, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) considera la información geomorfológica y las unidades de terreno dentro de los estudios relacionados con la zonificación de amenazas por movimientos en masa. (SGC, 2017).

Figura 14. Visualización de Geoformas del Municipio de California



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

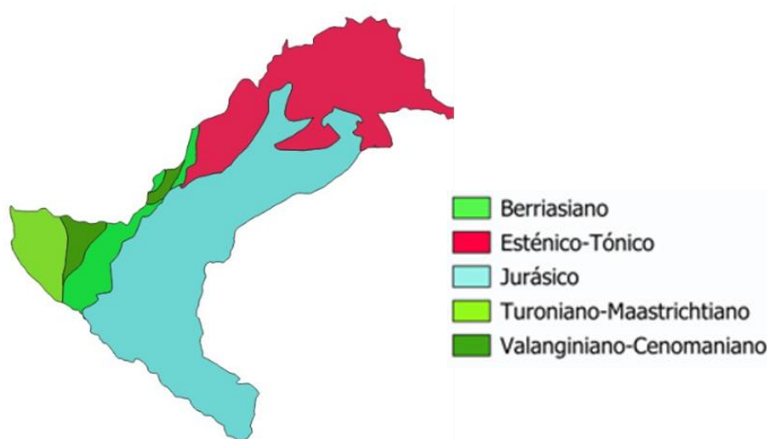
La visualización se elaboró con el fin de identificar y clasificar las unidades del relieve según su origen, forma y proceso morfogenético a partir del análisis del DEM.

El mapa de geoformas evidencia un territorio predominantemente montañoso, donde sobresalen las geoformas asociadas a laderas, crestas, espolones y laderas medias, mientras que las áreas planas son escasas y se encuentran principalmente asociadas a los valles y cauces de drenaje.

- UGS (Unidades Geológicas Superficiales)

La composición y las características de los materiales que forman el subsuelo son aspectos importantes para comprender el comportamiento del terreno. En este sentido, el mapa de UGS (Unidades Geológicas Superficiales) muestra la distribución de las diferentes unidades geológicas presentes en un territorio, teniendo en cuenta aspectos como el tipo de roca, sus características y su edad. Esta información permite reconocer las condiciones geológicas del área de estudio y analizar cómo los diferentes materiales pueden responder ante procesos de erosión, cambios en las condiciones del terreno o factores que favorezcan la inestabilidad de las laderas. En Colombia, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) es la entidad responsable de generar y administrar información geocientífica oficial, incluyendo la cartografía de las unidades geológicas y las estructuras relacionadas. Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Figura 15. Visualización del UGS del municipio de California



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

La Figura 15 de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) se elaboró con el fin de identificar y clasificar los diferentes tipos de rocas o formaciones geológicas que están expuestas en el territorio.

El municipio presenta un predominio de tres unidades geológicas principales: el Jurásico, que ocupa la mayor parte del territorio en la zona central y suroriental; el Esténico-Tónico, distribuido hacia el norte y nororiente; y las unidades del Valanginiano-Cenomaniano y Berriasiano, localizadas en sectores más reducidos hacia el occidente y noroccidente.

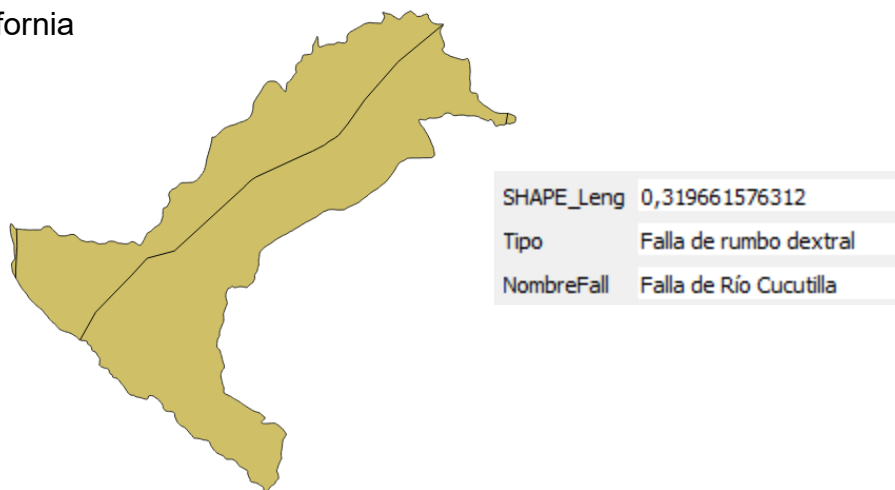
- Fallas Geológicas

Las fallas geológicas corresponden a fracturas de la corteza terrestre a lo largo de las cuales se ha producido un desplazamiento relativo de los bloques de roca. Estas estructuras constituyen un elemento importante en el análisis de las condiciones del relieve, debido a que pueden generar zonas de fracturamiento y debilidad en el macizo rocoso, favoreciendo la alteración y

pérdida de resistencia de los materiales. Por esta razón, su presencia puede relacionarse con procesos de inestabilidad del terreno, especialmente cuando coinciden con pendientes pronunciadas, materiales susceptibles a la erosión y condiciones de humedad (Servicio Geológico Colombiano, SGC, 2017; IDEAM, 2025).

Para el municipio de California, Santander, el análisis de las fallas geológicas permitió identificar la distribución espacial de estas estructuras y establecer su relación con las características del relieve y los procesos de remoción en masa. En el desarrollo del proyecto, la información de fallas fue incorporada mediante herramientas SIG para analizar su proximidad respecto a las zonas susceptibles y a la red de drenaje asociada a la quebrada La Baja.

Figura 16. Visualización de Fallas geológicas del municipio de California



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

Se identificó una falla geológica que atraviesa el municipio de California en dirección aproximada suroccidente - nororiente. La estructura recorre una parte importante

del territorio y atraviesa diferentes sectores del municipio. Esta distribución permite observar que existe una estructura geológica que puede estar relacionada con las condiciones de estabilidad del terreno, especialmente en aquellos sectores donde coincide con pendientes pronunciadas o con otras características que favorecen la inestabilidad.

- Drenajes

La red de drenaje constituye un elemento fundamental para el análisis de las condiciones del relieve, debido a que permite identificar la distribución y conexión de los cauces que conducen la escorrentía superficial dentro del área de estudio. Su comportamiento está relacionado con características como la pendiente, la forma del terreno y las condiciones de la cuenca, por lo que su análisis permite reconocer sectores donde se concentra el flujo de agua. Además, la densidad y configuración de los drenajes son variables consideradas en estudios de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, mientras que las avenidas torrenciales se desarrollan principalmente a lo largo de cauces con pendientes pronunciadas y pueden transportar importantes cantidades de agua, sedimentos y material rocoso. En este sentido, el análisis de la red de drenaje de la zona de la quebrada La Baja permite establecer su relación con las características del relieve y aportar elementos para la identificación de posibles escenarios de amenaza asociados a avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2021; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, s. f.).

Figura 17. Visualización de drenajes del municipio de California



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

En el municipio de California, Santander, la red de drenaje está conformada principalmente por la quebrada La Baja y diferentes corrientes que hacen parte de la microcuenca del río Vetás. La quebrada La Baja se origina por la confluencia de las quebradas Páez y Angosturas, en el sector del páramo de Santurbán, y posteriormente recorre el territorio de California hasta desembocar en el río Vetás, aproximadamente dos kilómetros al noreste del área urbana del municipio. Dentro de la microcuenca también se encuentran otros afluentes como las quebradas El Salado, Móngora, La Plata, El Volcán, Chumbula, Agua de Páramo y Mataperros. (Alcaldía Municipal de California, 2019; Servicio Geológico Colombiano, 1978).

4.3. Modelo multicriterio

Un modelo multicriterio es una herramienta que permite combinar varias variables o factores del territorio en un solo análisis, asignándole a cada una un peso o nivel de importancia según cuánto influye en el fenómeno que se está estudiando.

coinciden varias condiciones favorables para que se presenten estos fenómenos.

Este modelo se obtuvo con el fin de tener una visión más completa y objetiva del territorio, ya que un solo factor, como por ejemplo únicamente la pendiente, no es suficiente para explicar por qué ocurre un movimiento en masa o una avenida torrencial. Al combinar distintas variables es posible identificar con mayor precisión las áreas que reúnen las condiciones más críticas y clasificarlas en niveles de amenaza alto, medio y bajo, información que resulta útil para la planificación y la gestión del riesgo del municipio.

Para la construcción del modelo se seleccionaron cuatro variables principales: pendientes, hidrología, geología y geomorfología. La elección de estas variables se hizo teniendo en cuenta las condiciones particulares del municipio de California a nivel regional y su relación directa con los procesos de inestabilidad de laderas y erosión:

- **Pendientes:** Se escogió porque es uno de los factores que más influye en la estabilidad del terreno. Al ser California un municipio de relieve montañoso, con la mayor parte de su territorio con pendientes superiores al 25 %, esta variable permite identificar directamente las zonas más propensas a que el suelo pierda estabilidad y se generen deslizamientos.
- **Geología (UGS):** Se incluyó porque el tipo de roca o material que compone el subsuelo determina qué tan resistente o susceptible es el terreno frente a procesos erosivos. Conocer las unidades geológicas superficiales presentes en el municipio permitió identificar qué zonas tienen materiales

más débiles o fracturados y, por lo tanto, mayor probabilidad de generar movimientos en masa.

- **Geomorfología (Geoformas):** Se seleccionó porque permite reconocer las formas del relieve, como laderas, crestas y valles, que se han ido formando en el territorio a lo largo del tiempo, evidenciando en qué zonas se han presentado procesos erosivos o de inestabilidad anteriormente, lo que ayuda a proyectar en dónde pueden volver a ocurrir.
- **Hidrología:** Se incorpora al análisis multicriterio debido a que las características de la red de drenaje y la distribución de las corrientes superficiales permiten identificar sectores donde existe una mayor concentración y conducción del flujo de agua. En el municipio de California, y particularmente en el área de influencia de la quebrada La Baja, la presencia de cauces y afluentes constituye un factor relevante para analizar la ocurrencia de avenidas torrenciales, debido a que estos fenómenos pueden involucrar el transporte de agua, sedimentos y material sólido a través de los cauces.

5. RESULTADOS

5.1. Registro histórico de eventos de desastres

Durante la primera fase del proyecto se realizó la recopilación de información histórica relacionada con la ocurrencia de avenidas torrenciales, movimientos de remoción en masa y otros eventos asociados a fenómenos naturales registrados en el municipio de California, Santander, y en zonas aledañas. Para ello, se efectuó una búsqueda documental y bibliográfica en diferentes fuentes de información, incluyendo entidades oficiales, bases de datos institucionales, informes técnicos, documentos académicos, registros históricos y medios de comunicación, con el propósito de identificar eventos ocurridos en diferentes periodos de tiempo.

La información recopilada fue revisada y depurada para identificar aquellos registros que presentaran datos relevantes sobre la ocurrencia de los eventos. Se tuvieron en cuenta variables como fecha o año de ocurrencia, tipo de evento, ubicación, descripción del fenómeno, posibles causas o factores asociados, afectaciones generadas y fuente de información. En los casos en los que fue posible, se realizó la comparación de diferentes fuentes para fortalecer la confiabilidad de los registros y evitar la duplicidad de eventos.

A partir de la información recopilada y organizada se construyó una base de datos histórica de eventos, estructurada de manera que permitiera almacenar y consultar sistemáticamente los registros identificados. Esta base de datos constituye el insumo inicial del proyecto y permitirá posteriormente relacionar la información histórica con su componente espacial mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), facilitando la representación cartográfica, el análisis de la distribución de los eventos y la identificación de posibles patrones de ocurrencia en el municipio de California y sus zonas aledañas.

Tabla 3

Registros históricos de desastres

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

1. Identificación del evento			
Campo	Evento 1	Evento 2	Evento 3
Fecha	4 de marzo de 2011	10 - 11 de mayo de 2022	20 de noviembre de 2020
Tipo de evento	Avenida torrencial	Creciente súbita e inundación con colapso de infraestructura	Avenida torrencial
Nombre del evento	Doble avalancha de la quebrada Angosturas	Colapso del puente La Playa por crecientes del río Charta	Derrumbes y deslizamientos en la vía Surata-California
Descripción	Se presentaron dos avalanchas en la quebrada Angosturas. La primera ocurrió aproximadamente a las 5:00 p. m.; posteriormente, a las 5:45 p. m., se registró un segundo desprendimiento.	Las fuertes lluvias generaron crecientes del río Charta, del río Surata y de quebradas del sector, ocasionando el colapso de dos puentes y el aislamiento de varios municipios de Soto Norte.	Las fuertes lluvias ocasionaron derrumbes y deslizamientos que provocaron el cierre de la vía Surata-California. Se reportó un desprendimiento de aproximadamente 300 m y afectaciones por desbordamiento de quebradas.
2. Ubicación			
Departamento	Santander	Santander	Santander
Municipio	California	Charta	California
Vereda	Angosturas	La Cristalina (puente Molino)	No especificada
Sector/Sitio	Quebrada Angosturas	La playa	Cerrillos - El gigante - La Baja - Aguapalme y el cuatro
Municipio cercano afectado/alertado	Matanza y zona norte de Bucaramanga	California - Surata - Vetas y Matanza	Surata
Drenajes Asociados	Quebrada Angosturas	Rio Charta - Rio Surata y quebradas del sector	Quebradas del sector
3. Afectaciones			
Muertos	3	0	0
Heridos	No reportados	0	0
Desaparecidos	10	0	0
Evacuados	Centenares de familias en la zona norte de Bucaramanga	No reportado	0
Viviendas destruidas	3	1	0
Negocios afectados	0	1	0
Salon comunal afectado	0	1	0
Vías afectadas	No	Si	Si
4. Características Físicas y detonantes			
Factor detonante	Lluvias y deprendimiento de material de la montaña	Lluvias intensas	Fuertes lluvias

Nota: Tabla elaborada por autores

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Evento de avenida torrencial – Quebrada Angosturas, California, Santander (2011)

El 4 de marzo de 2011 se presentó una emergencia asociada a dos avalanchas en la quebrada Angosturas, localizada en jurisdicción del municipio de California, Santander, como consecuencia de las intensas condiciones de lluvia registradas durante la temporada invernal. De acuerdo con el reporte de Radio Santa Fe, el primer evento se produjo aproximadamente a las 5:00 p. m, cuando se presentó el desprendimiento de una parte de la montaña, provocando la obstrucción temporal del cauce y la acumulación de agua. Posteriormente, la presión ejercida por el agua ocasionó el arrastre de la masa de tierra y material acumulado, generando una avalancha que descendió por la quebrada y ocasionó daños a su paso.

La primera avalancha alcanzó el río Suratá, donde, según las autoridades citadas por el medio, el flujo perdió intensidad antes de continuar hacia sectores del municipio de Matanza. Sin embargo, aproximadamente a las 5:45 p. m., se produjo un segundo desprendimiento de tierra en la zona, generando una nueva avalancha y aumentando la situación de emergencia. Este segundo evento llevó a los organismos de socorro y a las autoridades a mantener un monitoreo durante la noche debido al riesgo de nuevos desbordamientos y afectaciones aguas abajo.

Como consecuencia del evento, se reportaron tres personas fallecidas y diez desaparecidas. La avalancha también destruyó tres viviendas y ocasionó daños en diferentes fincas ubicadas en el área afectada, debido al desbordamiento de las aguas y al desplazamiento de material. Las autoridades realizaron labores de búsqueda y rescate de las víctimas y mantuvieron vigilancia sobre el comportamiento del río Suratá.

Ante el riesgo de que la segunda avalancha generara nuevas afectaciones en sectores localizados aguas abajo, especialmente en áreas del norte de Bucaramanga, la Policía, los Bomberos y la Defensa Civil ordenaron la evacuación

preventiva de habitantes ubicados en las riberas del río Suratá. Esta medida buscó reducir la exposición de la población ante la posibilidad de que el material y el caudal generado por la emergencia continuaran desplazándose por el sistema hídrico.

Evento asociado a creciente súbita y afectaciones por inundación – Charta, Santander (2022)

El 10 de mayo de 2022, durante la noche, se presentó una emergencia en el municipio de Charta, Santander, asociada a fuertes lluvias que ocasionaron el incremento súbito del caudal de los ríos Suratá y Charta, así como de varias quebradas de la zona. Como consecuencia de la creciente, se produjo el colapso de dos puentes ubicados en sectores rurales del municipio, generando importantes afectaciones sobre la movilidad y la conectividad vial de la región. El evento fue reportado por El Espectador el 11 de mayo de 2022.

Uno de los puentes afectados se encontraba en el sector Molino, donde comunicaba la vereda La Cristalina con el casco urbano de Charta. El segundo puente, localizado en el sector La Playa, sufrió un colapso que interrumpió la comunicación entre los municipios de Matanza, Suratá, Vetas y California y la ciudad de Bucaramanga. De esta manera, aunque el punto principal de afectación se localizó en Charta, el evento tuvo repercusiones sobre varios municipios de la provincia de Soto Norte, entre ellos California.

La emergencia también ocasionó la pérdida de una vivienda, un establecimiento comercial y el salón comunal del sector La Playa, además de daños en la vía que comunica el casco urbano de Charta con dicho sector.

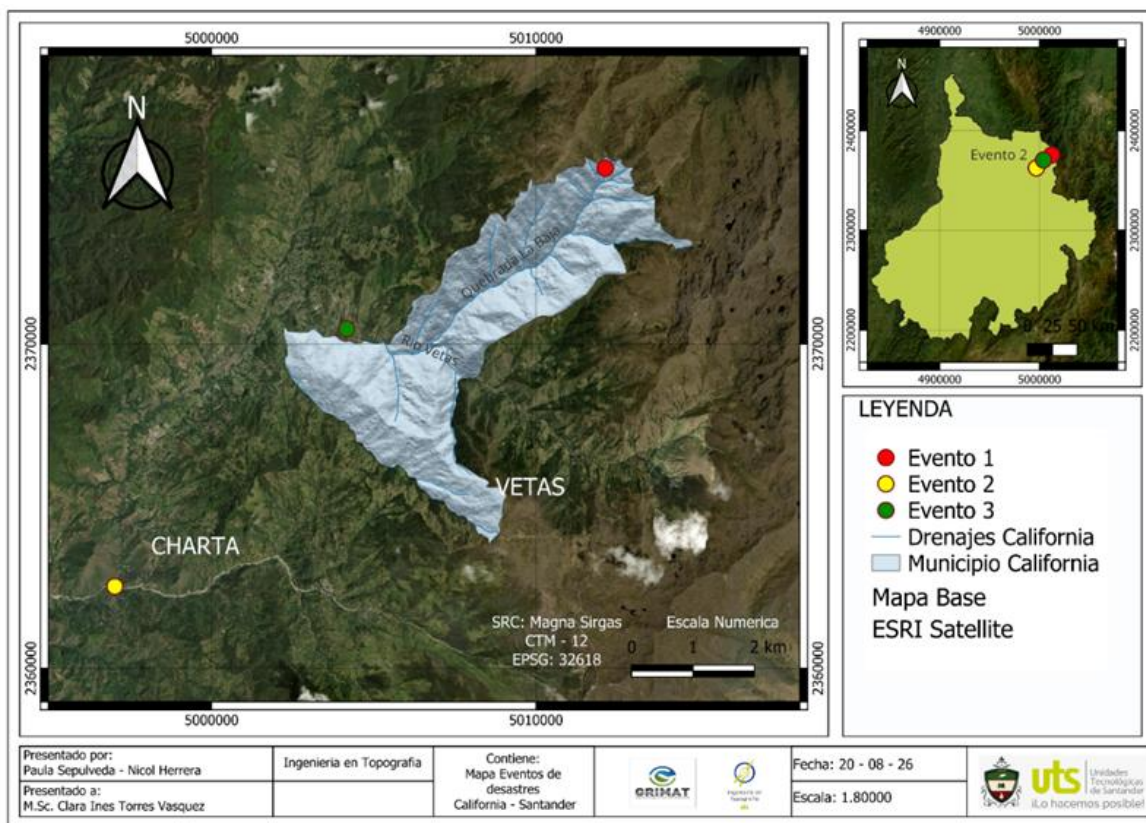
Evento de movimientos en masa y desbordamiento de quebradas – California, Santander (2020)

El 20 de noviembre de 2020 se presentó una emergencia en el municipio de California, Santander, como consecuencia de las fuertes lluvias registradas en la región. Las precipitaciones generaron diferentes afectaciones relacionadas principalmente con derrumbes, deslizamientos y desbordamientos de algunas quebradas, ocasionando interrupciones en la movilidad y afectaciones en diferentes sectores rurales del municipio. La situación también tuvo repercusiones sobre la vía que comunica a Suratá con California y Bucaramanga.

Uno de los principales puntos afectados correspondió a la vía principal entre Suratá y California, donde se registró un desprendimiento de aproximadamente 300 metros, generando el cierre de la carretera y dificultando el tránsito hacia el municipio. Adicionalmente, varias vías terciarias presentaron taponamientos debido a los movimientos de material, impidiendo el paso hacia diferentes veredas y sectores rurales. Las condiciones de lluvia constante dificultaron las labores de recuperación y habilitación de las vías.

En el municipio de California, las autoridades identificaron afectaciones en los sectores de Cerrillos, El Gigante, La Baja, Agualimpia y El Cuatro, donde se reportaron problemas asociados a derrumbes y al desbordamiento de algunas quebradas. Estas condiciones generaron aislamiento de diferentes sectores y afectaron la comunicación terrestre de la población con otras zonas del municipio y con el exterior.

Figura 18. Mapa de registros históricos



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida de la web

5.2. Metodología Arcgeek

La metodología ArcGeek para el análisis y delimitación de cuencas hidrográficas corresponde a un procedimiento basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y en el uso de un Modelo Digital de Elevación (MDE), mediante el cual se determina el comportamiento del flujo superficial y los límites de una unidad hidrográfica. El procedimiento comprende el acondicionamiento del MDE, el cálculo de la dirección y acumulación del flujo, la identificación de la red de drenaje y la

definición de un punto de salida para posteriormente delimitar la cuenca mediante la herramienta Watershed. Este proceso permite obtener una representación espacial de la superficie que contribuye al escurrimiento hacia un punto determinado y facilita el análisis de las características hidrológicas y morfométricas de la cuenca (ArcGeek, s. f.).

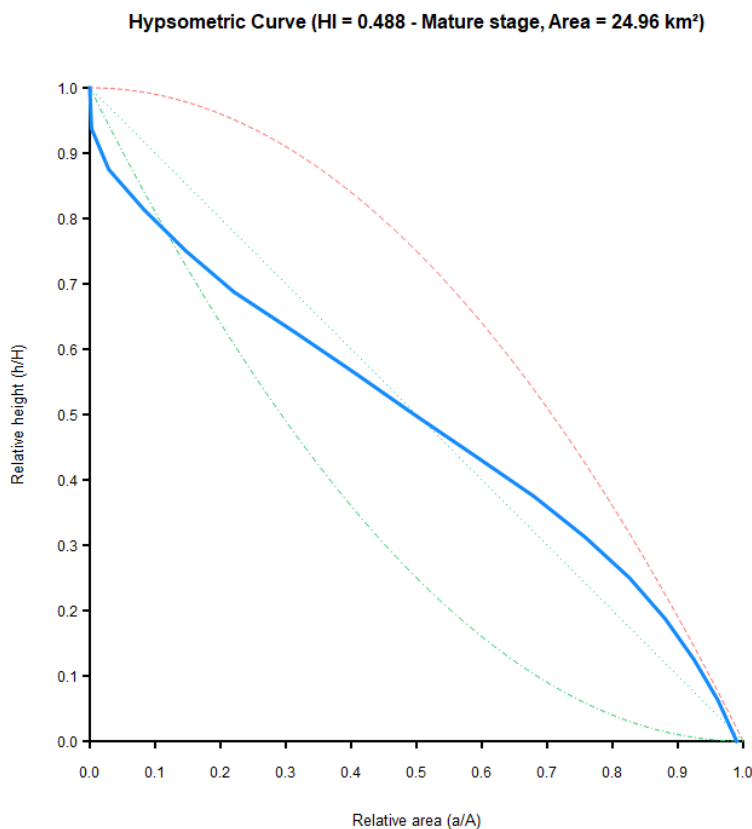
Figura 19. Visualización de la micro-cuenca del municipio de California



Fuente: Elaborado por autores a partir de información obtenida del DEM con software de QGIS.

A partir de la red hídrica obtenida mediante el procesamiento del Modelo Digital de Elevación (MDE), se delimitó la micro-cuenca correspondiente al área de estudio del municipio de California, Santander. Posteriormente, se realizó el análisis hipsométrico de la cuenca mediante la relación entre la elevación del terreno y el área acumulada, con el propósito de representar gráficamente la distribución de las superficies a diferentes altitudes.

Figura 20. Visualización de la curva hipsométrica

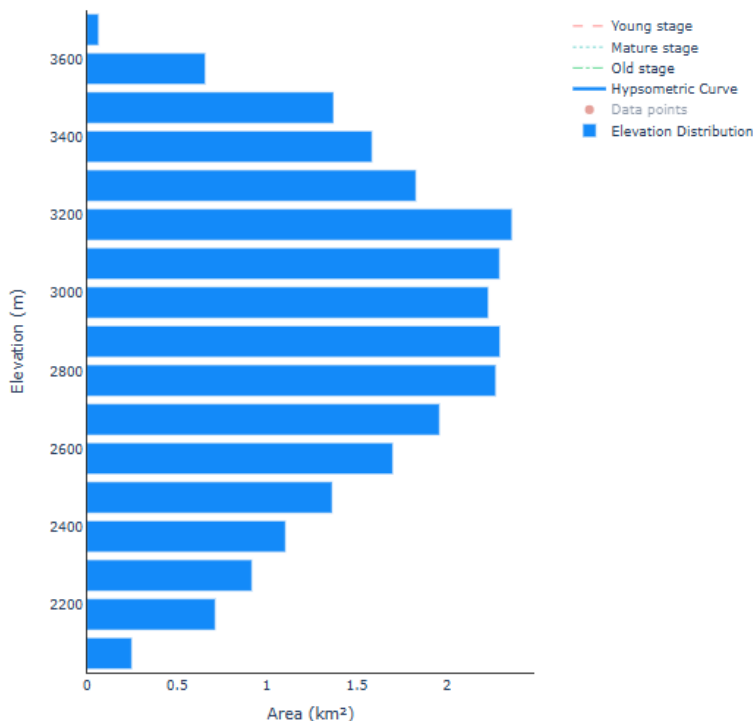


Fuente: Elaborado por autores

La curva hipsométrica presenta un comportamiento intermedio, con un índice hipsométrico de 0,488, lo que indica una distribución relativamente equilibrada del área respecto al rango altitudinal. La forma de la curva, sin una marcada convexidad o concavidad, es consistente con una condición geomorfológica intermedia, correspondiente a un estadio maduro de evolución de la cuenca. La distribución altitudinal muestra una concentración importante del área entre aproximadamente 2.700 y 3.200 m s. n. m., mientras que las áreas correspondientes a las cotas extremas presentan menor participación. Este comportamiento evidencia que el

relieve de la cuenca está dominado por sectores de elevación intermedia-alta, con una transición progresiva hacia las zonas de menor elevación.

Figura 21. Visualización de la distribución de la elevación



Fuente: Elaborado por autores

El comportamiento hipsométrico es compatible con una condición geomorfológica intermedia, en la que los procesos de erosión y denudación han modificado parcialmente el relieve, pero aún se conserva una proporción importante de superficie en elevaciones medias y altas

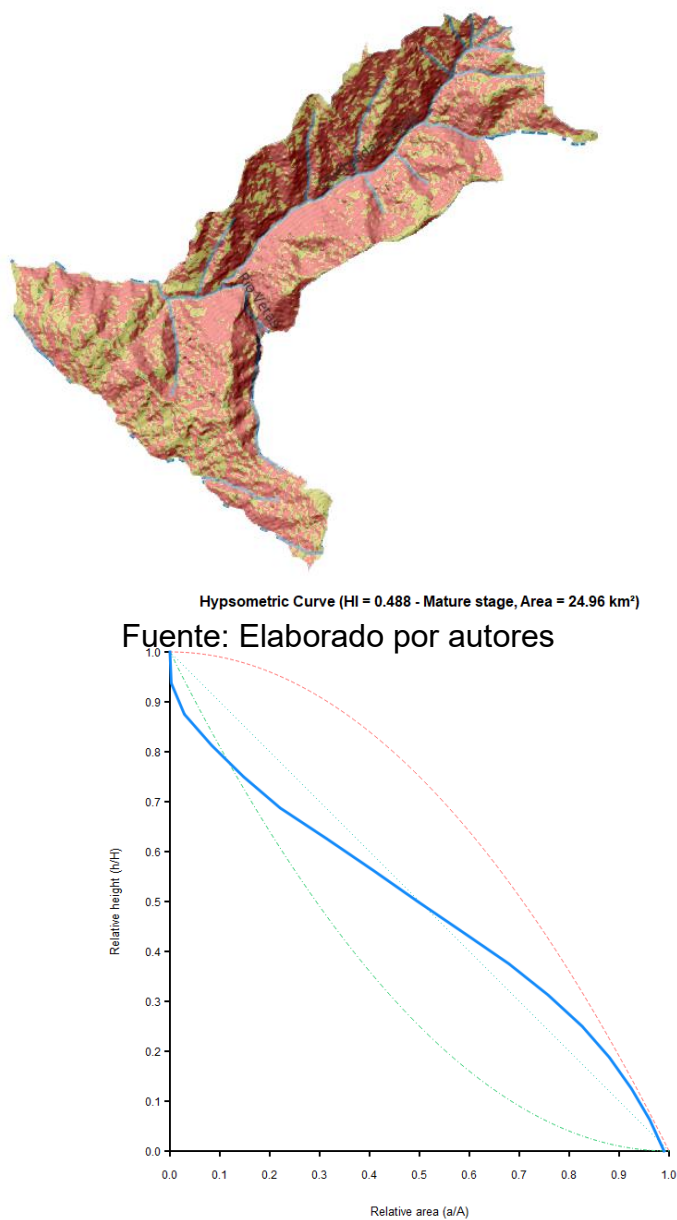
- Análisis muticriterio

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR:Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN:Octubre de 2023

Figura 22. Visualización del análisis multicriterio



- Comportamiento Hipsométrico

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR:Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN:Octubre de 2023

Es compatible con una condición geomorfológica intermedia, en la que los procesos de erosión y denudación han modificado parcialmente el relieve, pero aún se conserva una proporción importante de superficie en elevaciones medias y altas

La curva hipsométrica y el mapa de pendientes están describiendo dos dimensiones diferentes del relieve y, en este caso, son bastante complementarias.

La curva hipsométrica indica que la cuenca tiene una distribución altitudinal intermedia, con $HI = 0,488$ y una concentración importante de superficie aproximadamente entre 2.700 y 3.200 m s. n. m.

El mapa de pendientes, en cambio, muestra que gran parte de esa superficie está constituida por pendientes medias y, especialmente, altas ($>25^\circ$).

Por lo tanto la cuenca puede presentar un estado hipsométrico intermedio/maduro y, simultáneamente, un relieve predominantemente abrupto y con pendientes

Variable	Resultado	¿Qué representa?
Área	24,96 km ²	Tamaño de la cuenca
HI	0,488	Distribución relativa del relieve
Rango altitudinal	~2.100–3.700 m	Amplitud vertical
Mayor concentración altitudinal	~2.700–3.200 m	Zona donde se concentra mayor superficie
Pendiente 0–6°	Visualmente reducida	Superficies relativamente planas
Pendiente 6–25°	Importante	Laderas moderadamente inclinadas
Pendiente >25°	Predominante visualmente	Relieve abrupto

elevadas. No existe contradicción entre ambos resultados.

El HI no mide directamente la pendiente. La curva hipsométrica responde principalmente a:

Elevación + distribución del área.

Mientras que el mapa de pendientes responde a un cambio de elevación respecto a la distancia horizontal.

Tabla 4

Resumen del comportamiento hipsométrico

- Comportamiento Geomorfológico

HI intermedio + concentración altitudinal entre 2.700–3.200 m + predominio de pendientes $>25^\circ$

Sugiere un territorio donde existe una importante energía del relieve pese a que la distribución hipsométrica sea intermedia.

La presencia de pendientes elevadas implica que existen gradientes topográficos importantes a escala local.

Esto puede favorecer procesos de:

- escorrentía superficial
- incisión de los cauces
- erosión de laderas
- transporte de sedimentos
- movimientos en masa, dependiendo de las condiciones geológicas, cobertura y humedad

Una pendiente $>25^\circ$ no significa automáticamente que exista movimiento en masa o alta susceptibilidad. La pendiente es un factor condicionante, no el fenómeno en sí mismo.

- Relación espacial entre los colores de la pendiente

Las zonas rojas no aparecen únicamente como pequeñas manchas aisladas, hay grandes sectores continuos de pendientes altas, lo que sugiere que el carácter abrupto del relieve no es un fenómeno puntual, sino una característica estructural del paisaje.

Las zonas amarillas parecen distribuirse frecuentemente como transiciones entre sectores más abruptos y sectores relativamente menos inclinados.

Las áreas verdes, por su parte, parecen tener una presencia mucho menor y probablemente están relacionadas con:

- fondos de valle,
- superficies relativamente planas,
- zonas de acumulación,
- pequeñas terrazas o superficies suavizadas.

- Comportamiento de la red de drenajes

El cauce principal atraviesa longitudinalmente buena parte del área de estudio.

Existen varios tributarios de diferente longitud y jerarquía.

La red parece presentar una organización condicionada por el relieve.

Se observan sectores donde los tributarios convergen hacia el cauce principal y otros donde la red es menos densa.

La presencia de pendientes elevadas que vimos en el mapa anterior puede ayudar a explicar la incisión y el desarrollo de los tributarios.

Las curvas de nivel permiten relacionar directamente dirección del drenaje, gradiente topográfico y concentración del flujo.

5.3. Análisis de las características del relieve

Una vez recopilada y organizada la información histórica de los eventos de avenidas torrenciales, movimientos de remoción en masa y otros fenómenos registrados en el municipio de California, Santander, y zonas aledañas, se desarrolló la segunda fase del proyecto, orientada al análisis de las características físicas, geomorfológicas, geológicas, climáticas e hidrográficas del territorio. Esta etapa

busco identificar las condiciones del medio que pueden influir en la ocurrencia y distribución espacial de los fenómenos estudiados.

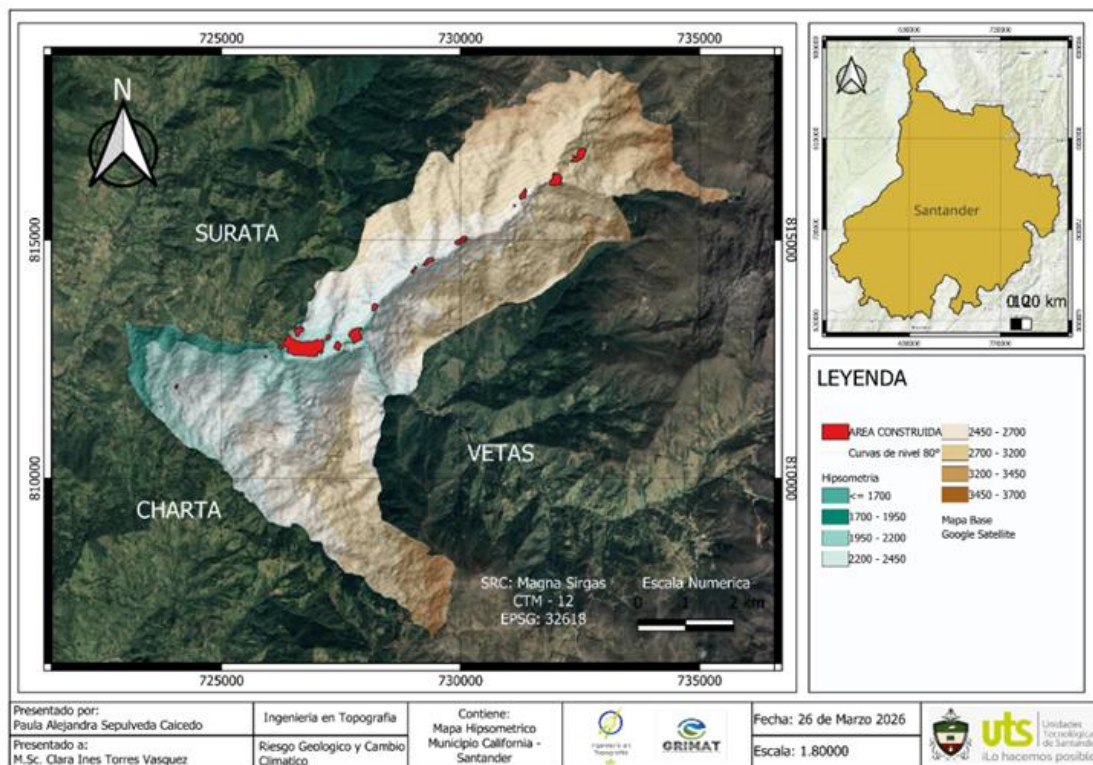
Para el desarrollo de esta fase se utilizó como insumo principal un Modelo Digital de Elevación (MDE), a partir del cual se obtuvo información derivada del relieve mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Entre los principales productos se encuentra el mapa de pendientes, que permitió identificar los sectores con diferentes grados de inclinación del terreno; el mapa hipsométrico, mediante el cual se analizó la distribución de las elevaciones y el mapa de orientación de laderas (Aspecto), que permitió determinar la dirección predominante hacia la cual se encuentran orientadas las superficies del terreno.

Además de las variables derivadas directamente del MDE, se incorporaron otras características territoriales que pueden tener relación con la dinámica de los procesos de inestabilidad y escorrentía. Para ello se analizaron variables como el clima, las coberturas de la tierra, las geoformas, las Unidades Geológicas de Cartografía (UGC), las fallas geológicas y la red de drenaje. Estas capas temáticas permitieron caracterizar de manera integral las condiciones naturales del área de estudio y reconocer sectores donde puedan existir características favorables para la generación o propagación de movimientos en masa y avenidas torrenciales.

La elaboración de estos mapas temáticos permitió establecer una representación espacial de los diferentes factores que intervienen en la dinámica del territorio. Posteriormente, esta información pudo ser relacionada con la ubicación de los eventos históricos recopilados durante la Fase 1, con el propósito de identificar posibles correspondencias entre las características del relieve y la ocurrencia de los fenómenos registrados.

- Mapa Hipsométrico

Figura 23. Mapa Hipsométrico del municipio de California



Fuente: Hecho por autores

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR:Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN:Octubre de 2023

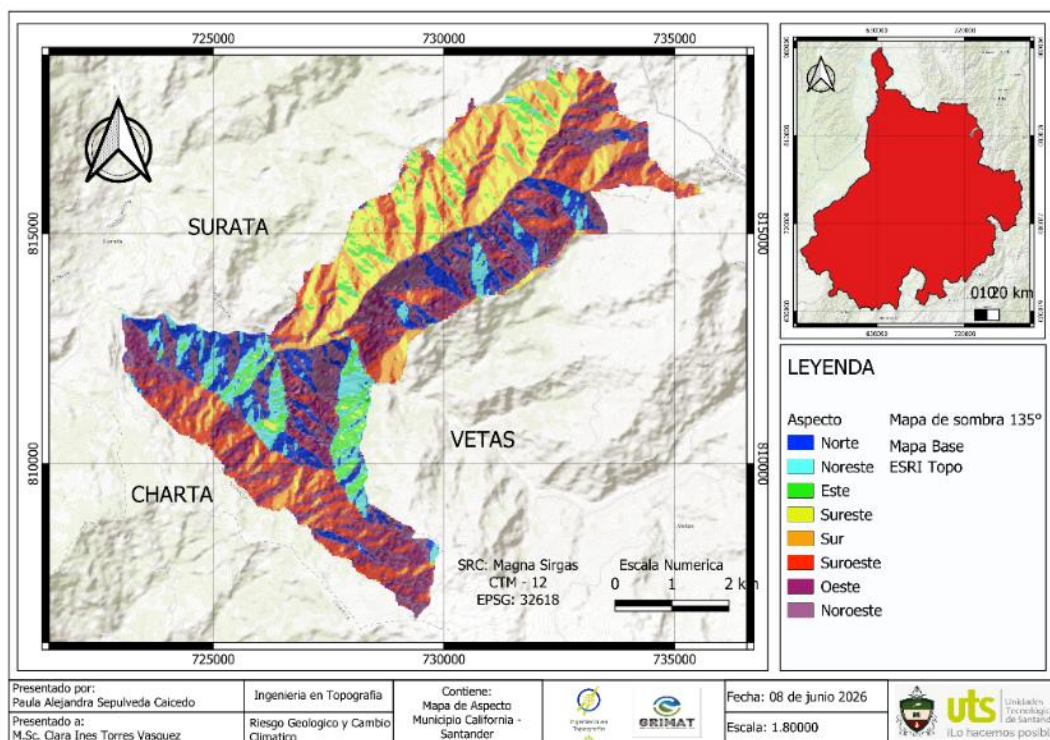
Al observar el mapa hipsométrico del área de estudio, se puede identificar que el territorio presenta una variación importante en las elevaciones, aproximadamente entre los 1.700 y 3.300 m s. n. m.. En el mapa se observa que las zonas con menores alturas están representadas principalmente con tonalidades verdes y se encuentran hacia el sector occidental y suroccidental, mientras que hacia el oriente y nororiente comienzan a aparecer tonalidades más claras y cafés, correspondientes a las zonas de mayor elevación.

También se puede observar que el área presenta un relieve bastante irregular y montañoso, con cambios de altura en distancias relativamente cortas. Esta característica se hace evidente principalmente alrededor del área central, donde se presenta una transición entre diferentes rangos de elevación.

En el caso de las avenidas torrenciales, estas diferencias de altura pueden favorecer el desplazamiento del agua y del material desde las partes más altas hacia zonas de menor elevación. De igual manera, las variaciones del relieve pueden estar relacionadas con la presencia de laderas.

- Mapa de Aspecto

Figura 24. Mapa de Aspecto del municipio de California



ELABOR
Docencia

ado de Gestión

Fuente: Hecho por autores

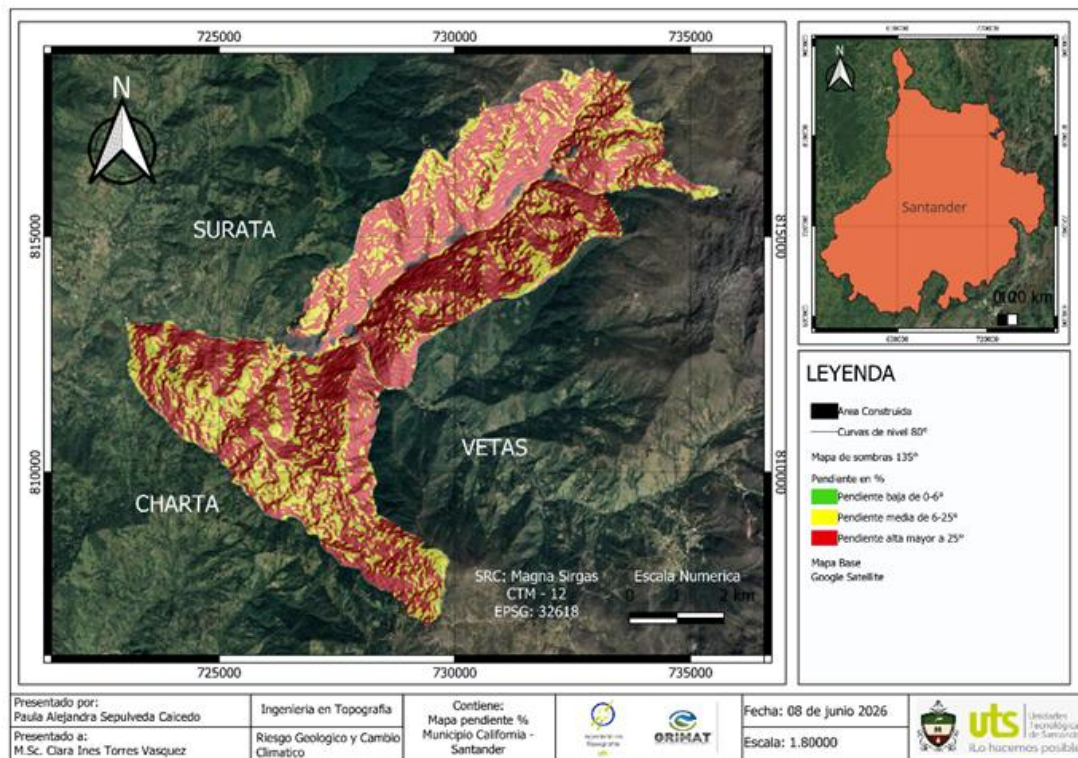
En el mapa de orientación de laderas, se puede notar que el área de estudio presenta una distribución bastante variada de las orientaciones del terreno. Esto se puede ver en la cantidad de colores que aparecen dentro del área delimitada, donde cada color representa una dirección diferente hacia la cual están orientadas las laderas.

En la parte occidental y central del área de estudio se observa una combinación de varias orientaciones, principalmente hacia el norte, noreste, este y sureste, lo que indica que el relieve es bastante irregular y que las laderas cambian de dirección en distancias relativamente cortas. También se pueden identificar algunos sectores con orientación sur y suroeste, especialmente hacia la parte inferior y occidental del mapa.

Hacia la zona oriental se presentan nuevamente diferentes orientaciones, aunque se destacan algunos sectores con colores asociados a las laderas orientadas hacia el sur, sureste y suroeste. Esta variación está relacionada con la forma del relieve, ya que el terreno presenta diferentes elevaciones, pendientes y formas de las laderas.

- Mapa de Pendientes en porcentajes

Figura 25. Mapa de pendientes en porcentajes del municipio de California



Fuente: Hecha por autor

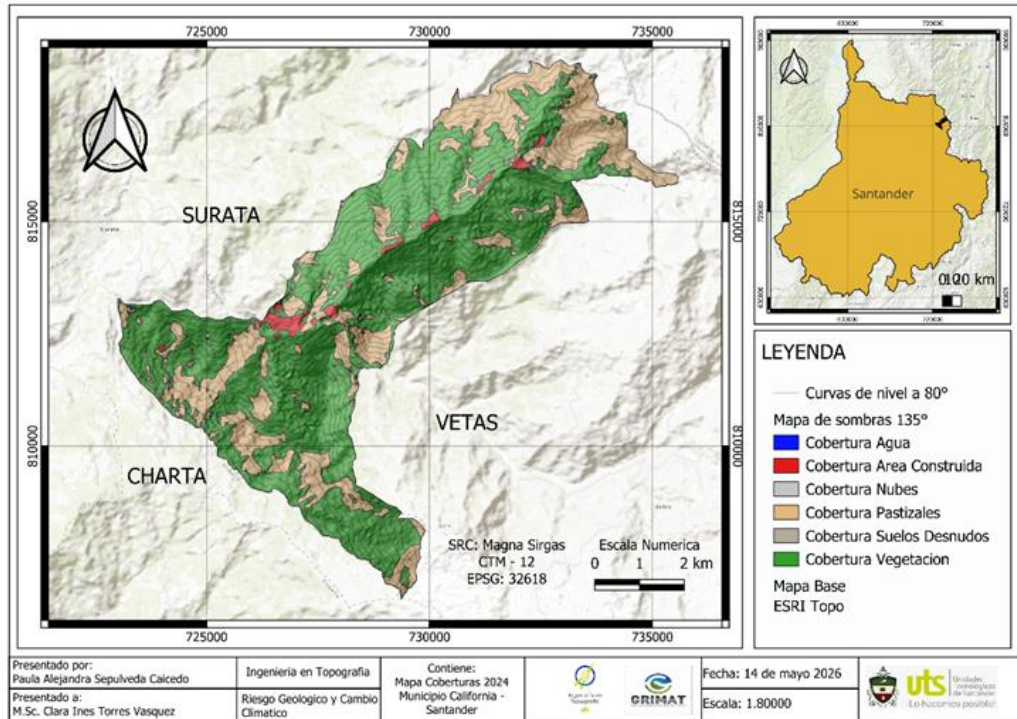
En las pendientes, lo que más resalta es el claro predominio de la topografía escarpada que define a este municipio, por lo tanto, se ha clasificado el territorio en tres rangos críticos para entender la dinámica de las vertientes: las pendientes bajas

de 0 a 6 grados en color verde, las pendientes medias de 6 a 25 grados en amarillo, y finalmente las pendientes altas, superiores a los 25 grados, representadas en un color rojo intenso. Podemos observar inmediatamente que el color rojo predomina prácticamente toda la morfología del municipio, lo que nos demuestra de forma contundente que California está configurado por laderas con una fuerte inclinación, el cual actúa como el escenario perfecto y el principal factor condicionante para la inestabilidad del suelo y la ocurrencia de movimientos en masa.

Cuando ocurren precipitaciones intensas en las partes altas del relieve, las laderas rojas pierden estabilidad rápidamente debido a su inclinación y se desatan deslizamientos que caen con fuerza hacia el fondo del cauce. Al combinarse este material con el caudal de la quebrada, se originan las avenidas torrenciales. En conclusión, este mapa nos permite argumentar con solidez que la configuración de las pendientes en California genera una condición de amenaza extrema, donde cualquier desprendimiento en las zonas rojas impactará de manera inevitable e inmediata sobre la zona de influencia de la quebrada La Baja y sus habitantes.

- Mapa de Coberturas

Figura 26. Mapa de coberturas del municipio de California



En el análisis de este mapa que corresponde a las coberturas de la tierra de California, podemos empezar a conectar el relieve y las pendientes con la respuesta real del terreno ante las lluvias. Si observamos la distribución de los colores en la leyenda, lo primero que destaca de manera muy positiva es el color verde oscuro que representa la Cobertura de Vegetación. Esta cobertura forestal se distribuye en una parte muy importante del municipio, actuando como una capa protectora natural que amarra el suelo con sus raíces y amortigua el impacto directo de la lluvia, reduciendo la escorrentía superficial.

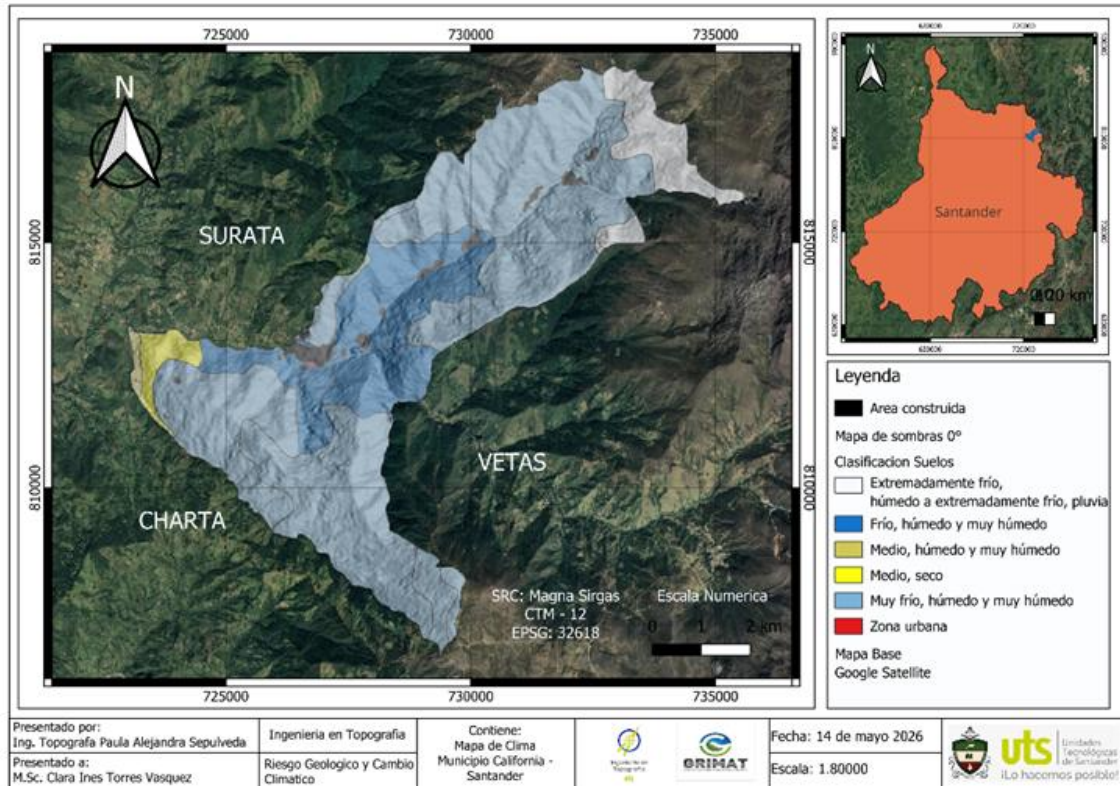
Sin embargo, el verdadero punto crítico de la investigación sobre la quebrada La Baja aparece al notar los sectores en color marrón claro, clasificados como

Cobertura de Pastizales, y los tonos grisáceos de Suelos Desnudos. Estas zonas representan terrenos que han perdido su bosque nativo debido a actividades antrópicas, como la ganadería o la minería histórica de la región. Al detallar el mapa, se hace evidente que estos pastizales y suelos descubiertos se entrelazan de manera lineal y fragmentada justo por encima del eje donde se concentra la Cobertura de Área Construida (color rojo).

Esta combinación es sumamente peligrosa para la dinámica de las avenidas torrenciales, al no haber vegetación densa en esas laderas desnudas o de pastizales, el agua de las lluvias no se infiltra adecuadamente, sino que corre libremente ladera abajo con mucha velocidad y fuerza, erosionando el terreno a su paso. Si comparamos, las laderas coinciden con las fuertes pendientes superiores a 25 grados, cualquier aguacero fuerte en estas zonas desprotegidas desprenderá grandes volúmenes de lodo, rocas y escombros. Toda esa masa de sedimentos baja directamente hacia el cauce de la quebrada La Baja, incrementando súbitamente el volumen del flujo y transformando una creciente común en una avenida torrencial devastadora que impacta de frente a las zonas urbanas expuestas.

- Mapa de clima

Figura 27. Mapa de clima del municipio de California



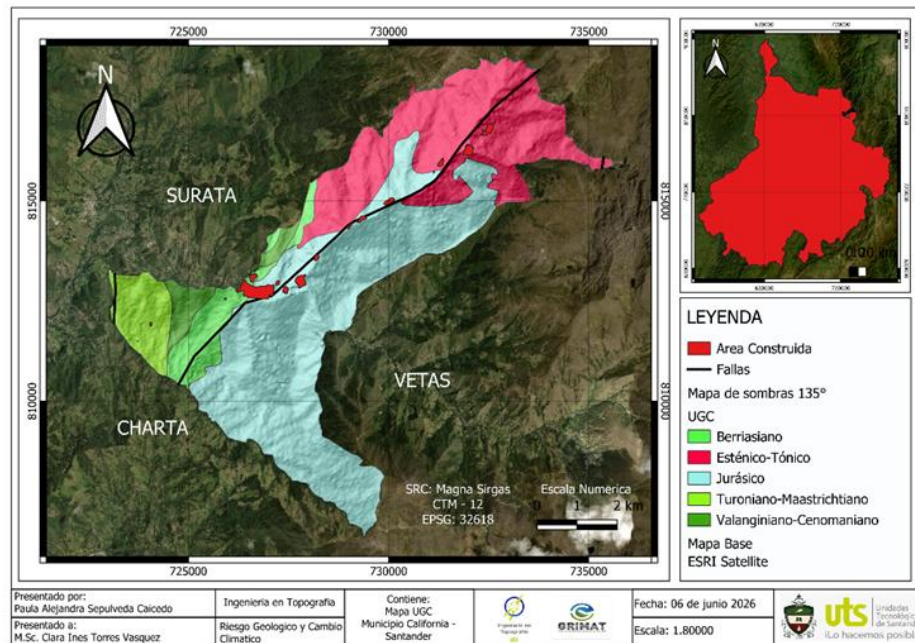
Fuente: Hecha por autores

En este mapa empezamos a evaluar el factor detonante, lluvias y las condiciones de humedad del suelo. Se puede observar que el municipio de California está dominado casi en su totalidad por climas fríos y extremadamente fríos, con altos niveles de humedad. La mayor parte de la microcuenca está cubierta por el color gris claro, que representa un clima Extremadamente frío, húmedo a extremadamente frío, pluvial, seguido por una gran parte de color azul que define un clima Frío, húmedo y muy húmedo. Esto nos demuestra técnicamente que estamos ante un territorio de alta montaña que se encuentra en un estado de saturación de humedad casi constante debido a las bajas tasas de evaporación y la persistencia de lluvias y neblina.

Este factor es el que nos ayuda a completar el análisis de nuestra cartografía. Al tener un suelo que ya se clasifica como muy húmedo o pluvial, significa que la tierra tiene una capacidad de almacenamiento de agua muy limitada; está al límite de la saturación. Cuando se presenta un evento de precipitación intensa o prolongada, el suelo no puede absorber más agua. Toda esa lluvia adicional se convierte inmediatamente en escorrentía superficial masiva que corre ladera abajo a gran velocidad por las fuertes pendientes que expusieron anteriormente, arrastrando las coberturas degradadas y los suelos desnudos.

- Mapa UGS

Figura 28. Mapa UGS del municipio de California



Fuente: Hecha por autores

En este mapa se analizó el componente estructural y el tipo de roca, que son los que determinan la resistencia del terreno. Lo que más resalta a simple vista, es la línea negra gruesa que atraviesa diagonalmente todo el municipio: representa una Falla geológica. En la realidad de la microcuenca de la quebrada La Baja, esta falla

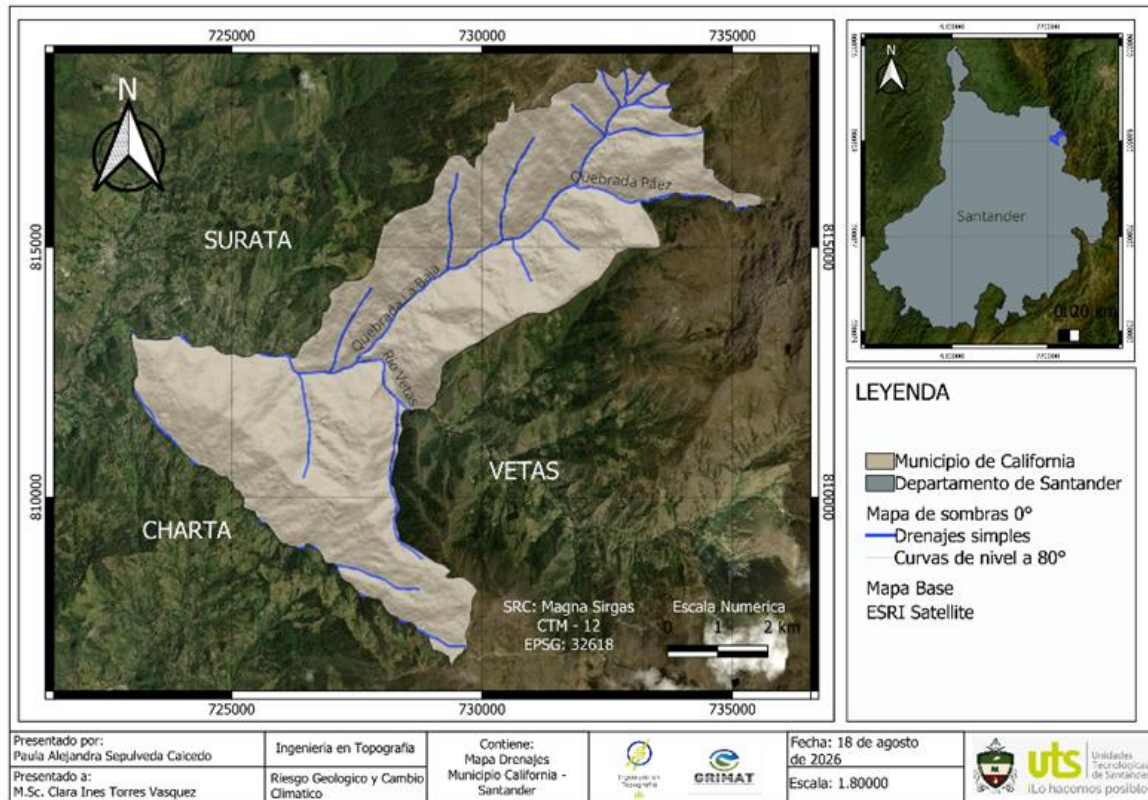
significa que el territorio está literalmente fracturado en su base; las rocas a lo largo de esta línea han sido trituradas y cizalladas por fuerzas tectónicas durante millones de años, creando una franja de debilidad estructural profunda donde el suelo pierde por completo su cohesión.

Si observamos la distribución de las (UGS), vemos un mosaico de formaciones de diferentes eras. Hacia las zonas altas y medias dominan los tonos rosados (Esténico-Tónico) y celestes (Jurásico), que corresponden a rocas antiguas, ígneas o metamórficas. Aunque estas rocas suelen ser duras, el mapa nos muestra que están directamente cortadas por la falla geológica. Esta interacción provoca que el macizo rocoso esté altamente meteorizado y diaclasado, facilitando que el agua de las constantes lluvias (que vimos en el mapa de clima) se infiltre por las grietas, debilite la montaña desde adentro y actúe como un lubricante que detona los movimientos en masa en las laderas de alta pendiente.

Por otro lado, hacia el sector que limita con Charta, aparecen las unidades en tonos verdes (Turoniano-Maastrichtiano y Valanginiano-Cenomaniano), asociadas a rocas sedimentarias. Lo más importante es que se evidencia al mirar la ubicación del Área Construida (el color rojo). El asentamiento principal se localiza exactamente sobre el punto de contacto donde la falla geológica cruza el río y se encuentra con estas formaciones. Esto significa que las viviendas e infraestructura de la quebrada La Baja no solo están expuestas a las crecidas hídricas superficiales, sino que están cimentadas sobre la zona de mayor inestabilidad geológica del municipio.

- Mapa de drenajes

Figura 29. Mapa de drenajes del municipio de California



Fuente: Hecha por autores

En el mapa de drenajes, que es donde físicamente todas las variables anteriores y se define la ruta de evacuación del agua en el municipio. Al observar el territorio, resaltan en líneas azules los Drenajes simples que componen la red hídrica. Lo primero que se ve de una manera muy clara es la forma de la red en la parte alta se ve un patrón dendrítico, como las ramas de un árbol, donde múltiples hilos de agua nacen en las cumbres montañosas esas zonas de clima pluvial y fuertes pendientes que analizamos antes y empiezan a descender con fuerza, uniéndose unos con otros.

Toda esa red de drenajes de la parte alta de forma directa en un único canal principal: el eje de la quebrada La Baja. Hidrológicamente, esto nos demuestra que la microcuenca funciona como un gran embudo colector. Cuando se presentan lluvias intensas, cada pequeño drenaje simple aporta de manera simultánea e inmediata su caudal al río principal. Debido a las altas pendientes y a la falta de cobertura vegetal en los suelos desnudos, el tiempo de concentración es extremadamente corto, lo que significa que el agua tarda muy pocos minutos en llegar desde las cumbres hasta el fondo del valle.

Esta altísima densidad de drenajes, sumada al relieve escarpado, explica perfectamente la mecánica de las avenidas torrenciales en la zona. Al ocurrir un deslizamiento en las laderas altas, el material cae directamente sobre alguno de estos numerosos canales secundarios, siendo arrastrado de inmediato hacia el cauce principal de la quebrada La Baja. Toda esa masa de lodo, rocas y agua se canaliza y se acelera por este eje hídrico, dirigiéndose directamente hacia el suroeste, justo donde se localizan los asentamientos humanos expuestos.

6. CONCLUSIONES

La recopilación y depuración de información permitió construir una base de datos histórica de eventos de avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa registrados en California y zonas aledañas. Esta información constituye un antecedente espacial y temporal útil para relacionar los eventos documentados con las condiciones físicas del territorio y fortalecer futuros análisis de amenaza.

Las características del relieve del municipio de California, especialmente las pendientes pronunciadas y la configuración montañosa del terreno, constituyen condiciones que favorecen la ocurrencia de procesos de remoción en masa y avenidas torrenciales. Estas condiciones se intensifican por la presencia de coberturas como pastos y áreas con suelo expuesto, que pueden favorecer la escorrentía, la erosión y el desplazamiento de materiales hacia los cauces.

La integración de las variables mediante herramientas SIG y el análisis multicriterio permitió representar espacialmente las zonas con diferentes niveles de amenaza dentro del área de estudio. Los resultados constituyen un insumo técnico para comprender la relación entre las características físicas del territorio y la ocurrencia de fenómenos naturales, y pueden servir como apoyo para la planificación territorial y la gestión del riesgo, teniendo en cuenta que se requieren estudios detallados y actualizados para complementar la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

7. RECOMENDACIONES

Que el municipio de California continúe fortaleciendo la recopilación y actualización de información relacionada con las condiciones hidrológicas, geomorfológicas, geológicas y de ocupación del territorio, con el fin de contar con información técnica suficiente para el seguimiento de las zonas susceptibles a procesos de remoción en masa y avenidas torrenciales. Esta información debe ser considerada en futuros procesos de actualización de los instrumentos de planificación territorial y de gestión del riesgo.

Complementar el análisis realizado mediante estudios técnicos de mayor detalle que permitan profundizar en las condiciones de amenaza y riesgo en las zonas relacionadas con la quebrada La Baja. Para ello, pueden aprovecharse y contrastarse los estudios y productos técnicos desarrollados por la CDMB, que incluyen información topográfica, batimétrica, LIDAR, geológica, geomorfológica, geotécnica, hidrológica y cartográfica.

Mantener y fortalecer el uso de herramientas SIG para la actualización periódica de la información espacial del municipio, incorporando nuevos registros de eventos, cambios en las coberturas del suelo y modificaciones en la red de drenaje y en las condiciones del terreno. Esto permitiría contar con una base cartográfica que facilite el seguimiento de las zonas identificadas y sirva como apoyo para la planificación territorial, la prevención y la gestión del riesgo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.

Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá, Colombia.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2023). Lineamientos para la incorporación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial.

- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993.
- Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997.
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide Types and Processes.
- IDEAM. (2014). Guía metodológica para la zonificación de amenazas por movimientos en masa.
- IDEAM. (2017). Lineamientos para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa en Colombia.
- UNGRD. (2023). Lineamientos para la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los instrumentos de ordenamiento territorial.
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movement Types and Processes.
- Alcaldía Municipal de California. (s.f.). Información general del municipio de California, Santander. Recuperado de <https://california-santander.gov.co>
- Colombia Turismo Web. (s.f.). Municipio de California, Santander. Recuperado de

<https://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/SANTANDER/MUNICIPIOS/CALIFORNIA/CALIFORNIA.htm>

- CDMB. POMCA Alto Lebrija: Resumen Ejecutivo, informe final y cartografía
- CDMB. Informe de Gestión 2024. Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para California y otros municipios de Santander.
- Servicio Geológico Colombiano. Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000.
- Servicio Geológico Colombiano. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.
- Gobernación de Santander. Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres de Santander.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2016). Principios básicos de cartografía y Sistemas de Información Geográfica.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2018). Aspectos relacionados con la información geográfica y el territorio.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s. f.). Glosario de términos ambientales y meteorológicos.

- Servicio Geológico Colombiano. (2021). Guía metodológica para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2017). Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). MinAmbiente construye desde los territorios y con las comunidades proceso de delimitación de Santurbán.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). Propuesta alternativa de delimitación del Páramo de Santurbán: municipio de California, Santander.
- Gobernación de Santander. (s. f.). Sistema Maestro de Información de Santander.
- Gobernación de Santander. (s. f.). Santander, tierra de encanto y riqueza en biodiversidad.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). Propuesta alternativa de delimitación del páramo: municipio de California, Santander.

9. APÉNDICES

10. ANEXOS