



Análisis del relieve para la zonificación de áreas susceptibles a remoción en masa en
Piedecuesta, Santander para el año 2026.

Modalidad:

Proyecto de Investigación

Johan Sneider Ferreira Hernández
1.005.543.023

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga, agosto 14 de 2026



Análisis del relieve para la zonificación de áreas susceptibles a remoción en masa en
Piedecuesta, Santander para el año 2026.

Modalidad:
Proyecto de Investigación

Johan Sneider Ferreira Hernández
1.005.543.023

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Topógrafo

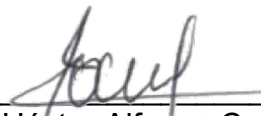
DIRECTOR
Clara Inés Torres Vásquez

Grupo de investigación – GRIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga, agosto 14 de 2026

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 Ráangel
Docente directora: M.Sc Clara Inés Torres Vásquez



Ing. Héctor Alfonso Correa Rangel
Firma del Evaluador



M.Sc Clara Inés Torres Vásquez
Firma del Director

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado a Dios por guiarme y darme la fortaleza para alcanzar esta meta. A mis padres, mi hermana y familiares por su amor, apoyo y confianza incondicional. De manera especial, a mi novia por su compañía, comprensión y motivación constante durante este proyecto y a mis profesores por sus enseñanzas y orientación académica.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme salud, sabiduría, fortaleza y perseverancia para culminar satisfactoriamente este proyecto de grado. Su guía fue fundamental para superar los retos presentados durante mi proceso de formación académica.

A mis padres, por su amor incondicional, esfuerzo, sacrificio y apoyo constante a lo largo de mi vida. Gracias por creer en mí y motivarme a seguir adelante en cada etapa de mi formación profesional. A mi hermana y a toda mi familia, por su compañía, comprensión y palabras de aliento que me impulsaron a alcanzar esta meta.

A mi novia, por su paciencia, apoyo, comprensión y motivación durante el desarrollo de este proyecto. Su compañía y confianza fueron una fuente importante de fortaleza en los momentos de mayor exigencia.

Agradezco especialmente a mis profesores por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, las cuales contribuyeron significativamente a mi crecimiento académico y profesional. Sus orientaciones fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a la institución y a todas las personas que, de manera directa o indirecta aportaron al desarrollo de este trabajo de grado, haciendo posible la culminación exitosa de este importante logro académico.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4. ESTADO DEL ARTE	17
2. MARCO REFERENCIAL	25
2.1. MARCO LEGAL	25
2.2. MARCO AMBIENTAL.....	25
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	27
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	32
4.1. FASE 1: RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	32
4.2. FASE 2: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	33
4.3. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES.....	43
4.4. DELIMITACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	44
5. RESULTADOS.....	45
5.1. FASE 3: RESULTADOS.....	45
5.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS SALIDAS GRÁFICAS.....	46
5.3. MAPA DE PENDIENTES	46
5.4. MAPA HIPSOMÉTRICO	48
5.5. MAPA DE ASPECTO	50
5.6. MAPA DE CLIMAS	52
5.7. MAPA DE GEOFORMAS	54

F-DC-125

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

VERSIÓN: 2.0

5.8.	MAPA LITOLÓGICO	56
5.9.	CUADRO DE FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES	57
5.10.	CUENCAS ANALIZADAS	59
6.	<u>CURVAS HIPSOMÉTRICAS</u>	<u>60</u>
6.1.	CURVA CUENCA HÍDRICA 1	60
6.2.	CURVA CUENCA HÍDRICA 2	61
6.3.	CURVA CUENCA HÍDRICA 3	62
6.4.	CURVA CUENCA HÍDRICA 4	63
6.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MUNICIPIO DE PIEDRECUESTA	64
7.	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>66</u>
8.	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>68</u>
9.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>70</u>
10.	<u>APÉNDICES.....</u>	<u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u>
11.	<u>ANEXOS.....</u>	<u>72</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Diagrama de flujo	31
Figura 2.Recorte DEM Piedecuesta.....	34
Figura 3.Generación de sombras Hillshade	35
Figura 4.Obtención de pendientes.....	36
Figura 5.Obtención de alturas en el área de estudio.....	37
Figura 6.Obtención de aspectos	38
Figura 7.Obtención litología Piedecuesta	39
Figura 8.Obtención de climas área de estudio	40
Figura 9.Obtención de geoformas en la zona de estudio.....	41
Figura 10.Buffer de ríos.....	41
Figura 11.Buffer de fallas	42
Figura 12.Delimitación cuencas	44
Figura 13. Mapa de pendientes	46
Figura 14.Mapa hipsométrico.....	48
Figura 15.Mapa de aspecto.....	50
Figura 16.Mapa de climas	52
Figura 17.Mapa de geoformas	54
Figura 18.Mapa litológico	56
Figura 19.Cuencas Analizadas	59
Figura 20.Curva hipsométrica 1	60
Figura 21.Curva hipsométrica 2	61
Figura 22.Curva hipsométrica 3	62
Figura 23. Curva hipsométrica 4	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Alturas zonas Piedecuesta.....	53
Tabla 2. Factores condicionantes	58
Tabla 3. Factores detonantes.....	58
Tabla 4. Características de las cuencas hidrográficas del municipio de Piedecuesta	65

RESUMEN EJECUTIVO

Los procesos de remoción en masa constituyen una de las principales amenazas naturales que afecten al municipio de Piedecuesta, debido a las características de su relieve, la presencia de laderas con pendientes pronunciadas, las condiciones geológicas y climáticas, así como la expansión urbana hacia sectores con mayor susceptibilidad. En este contexto, el presente analiza las condiciones del relieve mediante herramientas de sistemas de información geográfica, con el fin de identificar las características físicas del territorio que influyen en la ocurrencia de estos fenómenos y generar información que poye la gestión del riesgo.

La metodología empleada fue de tipo teórica, apoyada en el análisis espacial mediante el software libre QGIS. Inicialmente se recopiló y procesó información cartográfica proveniente de diferentes entidades oficiales, utilizando como insumo principal un modelo digital de elevación (DEM). A partir de esta información se elaboraron mapas temáticos y adicionalmente se realizó la delimitación de las cuencas hidrográficas y un análisis de las curvas hipsométricas, lo que permitió evaluar el comportamiento del relieve y los factores condicionantes y detonantes asociados a los procesos de remoción en masa. Los resultados obtenidos permitieron comprender la relación existente entre las características del relieve y la susceptibilidad del terreno frente a estos procesos, identificando sectores donde las condiciones naturales requieren una mayor atención para la planificación y gestión del riesgo. Asimismo, el estudio constituye un insumo técnico para futuras investigaciones y para la toma de decisiones por parte de las entidades responsables de la gestión del riesgo en el municipio.

PALABRAS CLAVE: Procesos de remoción en masa, sistemas de información geográfica (SIG), relieve, susceptibilidad y cartografía temática.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de remoción en masa son fenómenos naturales que consisten en el desplazamiento de suelo, roca o materiales superficiales por acción de la gravedad, generando impactos sobre la población, la infraestructura y el medio ambiente. Su ocurrencia depende de factores como la pendiente, la litología, las geoformas, las condiciones climáticas y las actividades antrópicas. En Colombia, estos eventos representan una de las principales amenazas naturales debido a las características geológicas y topográficas del territorio. Por ello, el análisis del relieve mediante herramientas geoespaciales permite identificar las zonas con mayor susceptibilidad y constituye un insumo fundamental para fortalecer la gestión del riesgo y la planificación territorial.

El municipio de Piedecuesta se localiza en el departamento de Santander, al sur del Área Metropolitana de Bucaramanga y cuenta con una extensión aproximada de 482 km². Su territorio presenta un relieve variado, conformado por zonas planas, colinas y laderas montañosas que generan importantes contrastes topográficos. Estas características junto con la presencia de precipitaciones, materiales geológicos de diferente resistencia y procesos erosivos, favorecen la ocurrencia de procesos de remoción en masa. Además, la expansión urbana hacia sectores de ladera ha incrementado la exposición de la población a este tipo de amenazas. De acuerdo con el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, los movimientos en masa constituyen una de las principales amenazas naturales del municipio, especialmente en áreas donde se encuentran pendientes pronunciadas, lluvias intensas e intervenciones como la deforestación y los cortes de taludes. (Alcaldía de Piedecuesta, 2020-2023)

Con el propósito de fortalecer el conocimiento del riesgo en el municipio de Piedecuesta, el presente proyecto analizo los procesos de remoción en masa mediante la integración de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), análisis cartográfico y procesamiento de información topográfica utilizando el software libre QGIS. Para la solución del problema se empleó un método teórico, fundamentado en la recopilación, revisión y análisis de información geográfica y documental existente. Como insumo principal se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM), a partir de cual se elaboraron los mapas de sombras, pendientes, hipsometría, aspecto, clima, litología, geoformas, buffer de ríos y fallas geológicas, además de la delimitación de cuencas hidrográficas y curva hipsométrica, generando información técnica que fortalece el conocimiento del riesgo y apoyar la planificación del municipio.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión del riesgo en el municipio de Piedecuesta, en concordancia con la Ley 1523 del 2012, presenta limitaciones en el componente de conocimiento del riesgo, particularmente en el análisis del relieve del terreno. Aunque el Plan de Gestión del Riesgo contempla la identificación de amenazas, no se evidencia un análisis suficientemente detallado del relieve ni el uso de información geográfica actualizada que permita comprender con precisión las condiciones del territorio.

Esta problemática se origina por la falta de estudios geomorfológicos específicos, el uso de cartografía desactualizada y la escasa aplicación de herramientas técnicas para el análisis del terreno. Estas deficiencias dificultan la identificación exacta de zonas con alta susceptibilidad a deslizamientos, inundaciones y otros eventos naturales, lo cual es crítico en un municipio con características topográficas variables y complejas.

Como consecuencia, la toma de decisiones dentro del Plan de Gestión del Riesgo se ve limitada, ya que no se cuenta con insumos técnicos para priorizar acciones de prevención, mitigación y ordenamiento territorial. En este contexto se busca aportar al Plan de Gestión del Riesgo del municipio de Piedecuesta mediante un análisis más detallado del relieve y el uso de información geográfica actualizada, con el fin de fortalecer el conocimiento del riesgo, mejorar la identificación de zonas críticas y optimizar la toma de decisiones orientadas a la reducción del riesgo de desastres.

¿Qué herramientas desde la topografía y el análisis del relieve se pueden utilizar para definir zonas susceptibles a procesos de remoción en masa en Piedecuesta, teniendo en cuenta sus características físicas, geográficas y geológicas?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente propuesta se justifica por la necesidad de fortalecer el componente sobre el conocimiento del riesgo en el municipio de Piedecuesta, ya que actualmente se evidencian limitaciones en el análisis del relieve y el uso de información geográfica actualizada. Es necesario este análisis ya que las condiciones topográficas complejas del municipio incrementan la susceptibilidad a procesos de remoción en masa y la identificación de zonas críticas resulta imprecisa afectando la planificación y gestión del riesgo.

Al implementar herramientas de topografía y análisis se permitirá delimitar con mayor exactitud las áreas susceptibles, generando insumos confiables para la toma de decisiones en la prevención de riesgos. Al solucionar esta problemática se podrá mejorar la capacidad para priorizar intervenciones, reducir pérdidas humanas y económicas. De igual manera se optimiza la inversión pública al focalizar acciones, incrementar la seguridad de la población y favorecer la conservación del territorio.

El fenómeno de remoción en masa en el municipio de Piedecuesta se presenta en el 81% de los asentamientos. En Piedecuesta, los procesos de remoción en masa están asociados principalmente a la ocupación de zonas con suelos inadecuados y laderas de alta pendiente. Aunque el municipio cuenta con amplias áreas aptas para el desarrollo urbano, el crecimiento de asentamientos en terrenos inestables ha incrementado la amenaza, especialmente durante las épocas de lluvia, cuando la saturación de los suelos favorece la ocurrencia de deslizamientos. (Piedecuesta, Alcaldía Municipal de, 2013)

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar las zonas susceptibles a procesos de remoción en masa en el municipio de Piedecuesta mediante el uso de herramientas de topografía y análisis del relieve, con el fin de generar información actualizada que fortalezca el conocimiento del riesgo y contribuya a la toma de decisiones en el Plan de gestión del Riesgo y el ordenamiento territorial.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar eventos históricos e información existente sobre procesos de remoción en masa generando una base de datos al respecto y cartografía que aporte insumos a los tomadores de decisiones en el municipio de Piedecuesta.
- Caracterizar las condiciones físicas y geográficas del municipio de Piedecuesta mediante el análisis integrado de información cartográfica, modelos digitales del terreno y variables geomorfológicas, con el fin de identificar factores que incidan en la ocurrencia de procesos de remoción en masa.
- Determinar áreas susceptibles a procesos en remoción en masa, generando cartografía y análisis del relieve actual, como insumo técnico para el fortalecimiento del Plan de Gestión del Riesgo.

1.4. ESTADO DEL ARTE

GLOBAL

- Autor: BBC News Mundo

Fecha: 27 de enero de 2026

Título: Las impresionantes imágenes del pueblo italiano que quedo al borde de un precipicio tras un enorme deslave.

Un tramo de 4 km de longitud de una colina se derrumbó hace unos días en la isla italiana de Sicilia a consecuencia de la lluvia y el viento de la tormenta Harry, dejando a la localidad de Niscemi al borde de un precipicio. Más de 1.500 residentes fueron evacuados de sus hogares y se están realizando estudios geológicos para evaluar la zona.

En Niscemi, una localidad de 25.000 habitantes, las evacuaciones repentinas han alimentado la ansiedad y la ira de los residentes, algunos de los cuales afirman que los deslizamientos de tierra anteriores no fueron atendidos.

- Autor: Apnews

Fecha: 1 de julio de 2025

Título: Evacuaciones en pueblo austriaco tras alud que cubrió casas y refugios

VIENA (AP) — Decenas de personas estaban siendo evacuadas en helicóptero en Austria el martes después de que un deslizamiento de tierra cubriera casas y refugios de montaña en el valle de Gschnitztal en el Tirol, en el suroeste del país alpino. Las Fuerzas Armadas de Austria utilizaron un

helicóptero Black Hawk para trasladar a unas 100 personas desde el pueblo de Gschnitz y tres refugios más arriba. Fuertes tormentas eléctricas el lunes provocaron un deslizamiento de tierra, dejando las casas cubiertas de agua y escombros. Las carreteras que conducen a las casas ya no eran accesibles.

El comandante del departamento de bomberos local, Lukas Braunhofer, indicó a ORF que después de que uno de varios deslizamientos de tierra golpeará el pueblo de Gschnitz alrededor de las 6 de la tarde el lunes, el arroyo Gschnitzbach también se desbordó, provocando inundaciones en el área.

- Autor: DW.com-Medio Alemán

Fecha: 30 de diciembre del 2020

Título: Noruega: aluvión deja 10 heridos y 15 desaparecidos

Diez personas resultaron heridas, cinco de las cuales fueron hospitalizadas (una de ellas de extrema gravedad), y 15 permanecen desaparecidas, luego de que un deslizamiento de tierra en el sur de Noruega arrasara con una docena de viviendas a primera hora de este miércoles (30.12.2020). La Policía debió evacuar a unos 700 vecinos de un área de unas 21 hectáreas.

El alud se produjo a eso de las 4 de la mañana (hora local) en la localidad de Gjerdrum, una urbanización de 5.000 habitantes ubicada a unos 30 kilómetros al norte de Oslo. Además de los edificios destruidos, numerosas viviendas quedaron al borde de caer al vacío en los bordes del cráter que se formó por el deslizamiento. Los movimientos de tierra no han cesado en todo el día.

LATINOAMERICA

- Autor: Catalina Maldonado

Fecha: 21 junio de 2024

Título: Derrumbes y deslizamientos afectan a cerros San Roque y Monjas en Valparaíso

Derrumbes se están produciendo en los cerros San Roque y Monjas de la ciudad de Valparaíso, en medio de las fuertes lluvias y ráfagas de viento que se están registrando este viernes. Las emergencias se presentan en el marco del potente sistema frontal que se está produciendo en la zona centro sur, provocando diferentes estragos que van desde inundaciones a cortes de luz y remociones en masa.

En el caso del cerro San Roque, deslizamientos de tierra y caídas de troncos provocaron que una vivienda se desmoronara. En el cerro Monjas, en tanto, se están generando derrumbes también, por lo que rocas y sedimentos están cayendo sobre las casas, específicamente en el sector de la escala Pedro Acosta.

- Autor: Ana Gonzales

Fecha: 20 de septiembre de 2025

Título: Lluvias enlutan a Senahú: una mujer y dos niñas pierden la vida.

Un deslizamiento de tierra provocado por fuertes lluvias sepultó una vivienda en el barrio Las Gallinas, municipio de Senahú, Alta Verapaz, durante la madrugada del sábado 20 de septiembre. Tres mujeres —una adulta y dos

menores— perdieron la vida. La tragedia ocurrió en el barrio Las Gallinas, Senahú, en Alta Verapaz, debido a intensas precipitaciones durante la madrugada. Las lluvias que afectaban la región generaron inestabilidad en el terreno, lo que facilitó el derrumbe, según elementos de los Cuerpos de Socorro. La comunidad quedó parcialmente incomunicada, tanto por el derrumbe como por posibles desbordes o daños en accesos. Autoridades locales estudian rutas alternativas para evacuación.

- Autor: Infobae-Medio de noticias

Fecha: 22 de febrero de 2022

Título: La tragedia en la ciudad brasileña de Petrópolis ya dejó más de 180 muertos

Las fuertes lluvias que devastaron parte de la ciudad brasileña de Petrópolis, en la región serrana de Río de Janeiro, ya han dejado 181 muertos y unos 200 heridos, en lo que ya está considerada como la mayor tragedia climática en el municipio. Las tormentas han provocado desde el martes pasado un rastro de destrucción en su paso por la antigua ciudad imperial brasileña, donde un centenar de personas siguen desaparecidas, según informó este lunes el Cuerpo de Bomberos. Los residentes y los rescatistas limpian los escombros después de que las fuertes lluvias provocaran deslizamientos de tierra en Petrópolis, estado de Río de Janeiro, Brasil.

COLOMBIA

- Autor: Richard Vidal

Fecha: 9 de enero de 2024

Título: Después de un año de emergencia, hay una nueva amenaza de deslizamiento en Rosas, Cauca

La remoción en masa del 9 de enero de 2023 destruyó un tramo de la vía Panamericana y dejó a 300 familias damnificadas. Luego de 365 días, la vía definitiva no ha sido entregada, y aún faltan familias por reubicar.

Hace un año en la vereda Chontaduro del municipio de Rosas, sur del Cauca, una enorme remoción en masa destruyó un tramo de la vía Panamericana, dejando incomunicado al suroccidente del país, sepultando la vereda La Soledad y afectando a 300 familias. Posterior a los hechos, las autoridades regionales y nacionales iniciaron gestiones para superar la situación, como la puesta en marcha de una variante provisional y la reubicación de las familias.

- Autor: Laura Gamba

Fecha: 09 febrero 2022

Título: Al menos 16 muertos dejan un deslizamiento de tierra en Colombia

Al menos 17 personas murieron y seis más están desaparecidas por los deslizamientos de tierra como consecuencia de las intensas lluvias que sepultaron decenas de viviendas en la ciudad de Manizales, en el centro de Colombia, informó este miércoles el Gobierno. La temporada de lluvias en Colombia ha provocado inundaciones y deslaves en diferentes regiones del

país. Hay 17 personas muertas y seis desaparecidas, además de 16 barrios afectados, unas 500 familias y unas 80 viviendas también afectadas", dijo el presidente del país, Juan Manuel Santos, en una de las zonas de los deslizamientos.

- Autor: Mauricio de la Rosa

Fecha: 7 de febrero de 2026

Título: Grave emergencia en Mallama, Nariño: equipos trabajan para hallar sobrevivientes tras avalancha que sepultó viviendas; hay siete muertos

Una nueva tragedia se registró en la noche del viernes 6 de febrero en el departamento de Nariño, cuando una avalancha sepultó varias viviendas en zona rural del municipio de Mallama, con un saldo parcial de siete personas fallecidas. Los lamentables hechos se registraron en la vereda La Oscurana, donde un deslizamiento de tierra arrastró dos viviendas, en medio de un torrencial aguacero que cayó en esa zona del pie de monte costero de Nariño.

SANTANDER

- Autor: John Arias

Fecha: 8 de abril de 2026

Título: Riesgo de deslizamiento en Girón: Familias del barrio Marianela piden auxilio.

Grietas en viviendas, techos rotos y un poste de alumbrado público inclinado dan cuenta del deterioro acumulado durante años en la parte baja del barrio Marianela de Girón, donde un talud sin intervención amenaza decenas de familias. Los habitantes de ese sector llevan años conviviendo con un peligro

que se agudiza cada vez que llueve: el deslizamiento constante de rocas, tierra y arboles desde la montaña que bordea sus hogares. La situación ha llegado a un punto crítico y la comunidad exige que la Alcaldía actúe de manera urgente antes de que ocurra una tragedia.

- Autor: Caracol Bucaramanga

Fecha: 2 de octubre de 2020

Título: Hay alerta en Asomiflor ante posibilidad de otros derrumbes

En abril del 2020, ocurrió un deslizamiento que afectó ocho viviendas del asentamiento de Floridablanca. Se trata del asentamiento humano Asomiflor, ubicado en la transversal oriental, en Floridablanca, en donde habitan por lo menos 100 familias, pero en peligro de alto riesgo permanecen 10 viviendas. Este es el mismo lugar en el que en abril se vino la montaña y afectó ocho casas del sector poniendo en riesgo a las familias quienes estuvieron en el momento del derrumbe. La Alcaldía quiere hacer un muro de contención para mermar el peligro, sin embargo, los habitantes de este sector piden una reubicación o intervención de la zona.

- Autor: John Arias

Fecha: 24 de marzo de 2026

Título: La montaña se está cayendo': alarma en Girón por deslizamiento que amenaza a un barrio

Alerta en Girón por deslizamiento que amenaza viviendas en San Antonio del Carrizal en Girón. Los vecinos denuncian que las lluvias han acelerado el

deterioro del talud y temen que en cualquier momento ocurra una tragedia. Rocas, lodo y arboles ya han caído sobre la vía pública. El temor es que una piedra alcance a un motociclista, un niño o cualquier transeúnte desprevenido. Por esta razón, los habitantes del barrio piden intervención urgente de las autoridades para evitar una tragedia mayor.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco legal

➤ Ley 1523 del 2012

Establece la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia y crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD). Su objetivo es orientar las acciones de conocimiento, reducción y manejo de desastres para proteger a la población, los bienes y el medio ambiente frente a amenazas naturales o antrópicas. (Congreso de Colombia, 2012)

➤ Ley 388 de 1997: Ordenamiento Territorial

Regula el ordenamiento territorial en Colombia y establece los mecanismos para que los municipios planifiquen el uso y ocupación del suelo de manera sostenible. Su finalidad es promover el desarrollo equilibrado del territorio, mejorar la calidad de vida de la población, proteger los recursos naturales y prevenir la ocupación de zonas con riesgos para la comunidad. (Congreso de Colombia, 1997)

2.2. Marco ambiental

➤ POMCA Rio Lebrija y Rio Chicamocha

Piedecuesta cuenta con zonas de reserva dentro de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). El municipio está

cobijado principalmente por el POMCA del Río Lebrija (que incluye el Río de Oro) y el POMCA del Río Chicamocha. Estos planes establecen áreas de conservación, protección y uso restringido del suelo.

Las zonas de reserva clave asociadas a estos POMCA y jurisdicción de la CDMB incluyen:

- **Distritos Regionales de Manejo Integrado (DRMI):** Zonas como el *DRMI del Páramo de Santurbán* (donde Piedecuesta hace parte de los municipios influencia) y el *DRMI Complejo Ciénagas Papayal*.
 - **Parques Naturales Regionales:** Como el sector de los *Bosques Húmedos Andinos El Rasgón* (vereda Cristales) y el Parque Natural Regional Cerro La Judía
 - **Áreas de Exclusión y Protección Hídrica:** Zonas de amortiguación en el Cañón del Chicamocha y franjas forestales protectoras en rondas hídricas de ríos vitales como el Río de Oro, Río Hato y Río Manco.
- OpenAI. (2026).

➤ Plan integral de gestión del cambio climático de Santander

Piedecuesta participa en el **Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial (PIGCCT)** mediante su articulación con la CDMB y la formulación de los lineamientos climáticos del Plan de Desarrollo Municipal. El municipio ha integrado estrategias de adaptación y mitigación en su ruta de planeación.

Las acciones clave que involucran al municipio incluyen:

- **Planeación Territorial (PIGCCT):** Piedecuesta participa en los talleres de formulación de los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT) liderados por la CDMB, buscando construir un departamento resiliente y bajo en carbono.
- **Plan de Desarrollo Municipal:** En el documento "Hagamos equipo por Piedecuesta", se establecieron ejes de ejecución sobre cambio climático que incluyen la siembra de árboles, la protección de cuencas (como el río Hato) y estrategias de eficiencia energética.
- **Calidad del Aire:** A través de la Oficina de Medio Ambiente y Gestión del Riesgo (OMAG), se han instalado estaciones de vigilancia de calidad del aire y se realizan jornadas de recolección de residuos posconsumo OpenAI. (2026).

2.3 Marco conceptual

➤ Procesos de remoción en masa

Son movimientos de suelo, roca o material superficial que se desplazan ladera abajo debido a la acción de la gravedad, influenciados por factores como la pendiente, las lluvias, la geología y las actividades humanas. (Servicio Geológico Colombiano , 2023)

➤ **Gestión del riesgo**

Es el proceso social orientado a conocer, reducir y controlar los riesgos de desastres mediante acciones de prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación, con el fin de proteger la vida, los bienes y el ambiente. (Congreso de Colombia, 2012)

➤ **Susceptibilidad**

Corresponde a la propensión o probabilidad de que un área presente un fenómeno natural, como un proceso de remoción en masa, de acuerdo con sus condiciones físicas, geológicas y geomorfológicas, sin considerar la frecuencia de ocurrencia. (Servicio Geológico Colombiano , 2023)

➤ **Análisis del relieve**

Es el estudio de las formas del terreno, su distribución y sus características morfológicas, con el propósito de comprender la dinámica del paisaje y su influencia sobre los procesos naturales. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2022)

➤ **Topografía**

Es la ciencia que estudia y representa la superficie terrestre mediante la medición de sus dimensiones, formas y accidentes naturales o artificiales, permitiendo elaborar planos y mapas con precisión. (Wolf y Ghilani, 2015)

➤ **Geomorfología**

Es la rama de las ciencias de la Tierra que estudia el origen, evolución y transformación de las formas del relieve, así como los procesos que las modelan. (Pedraza Gilsanz, 1996)

➤ **Sistemas de Información Geográfica**

Son sistemas informáticos que permiten capturar, almacenar, gestionar, analizar y representar información geográfica, facilitando el análisis espacial y la toma de decisiones. (Longley et al., 2015)

➤ **Modelos Digitales del Terreno**

Son representaciones digitales de la superficie del terreno obtenidas a partir de datos de elevación, utilizadas para analizar pendientes, altitudes y otras características del relieve. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2022)

➤ **Cartografía Temática**

Es la representación gráfica de información específica sobre un territorio, como aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos o de amenazas, mediante mapas elaborados para un propósito determinado. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2022)

➤ **Ordenamiento Territorial**

Es el proceso mediante el cual se organiza el uso, ocupación y transformación del territorio, buscando un desarrollo equilibrado, sostenible y seguro para la población y el medio ambiente. (Congreso de Colombia, 1997)

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

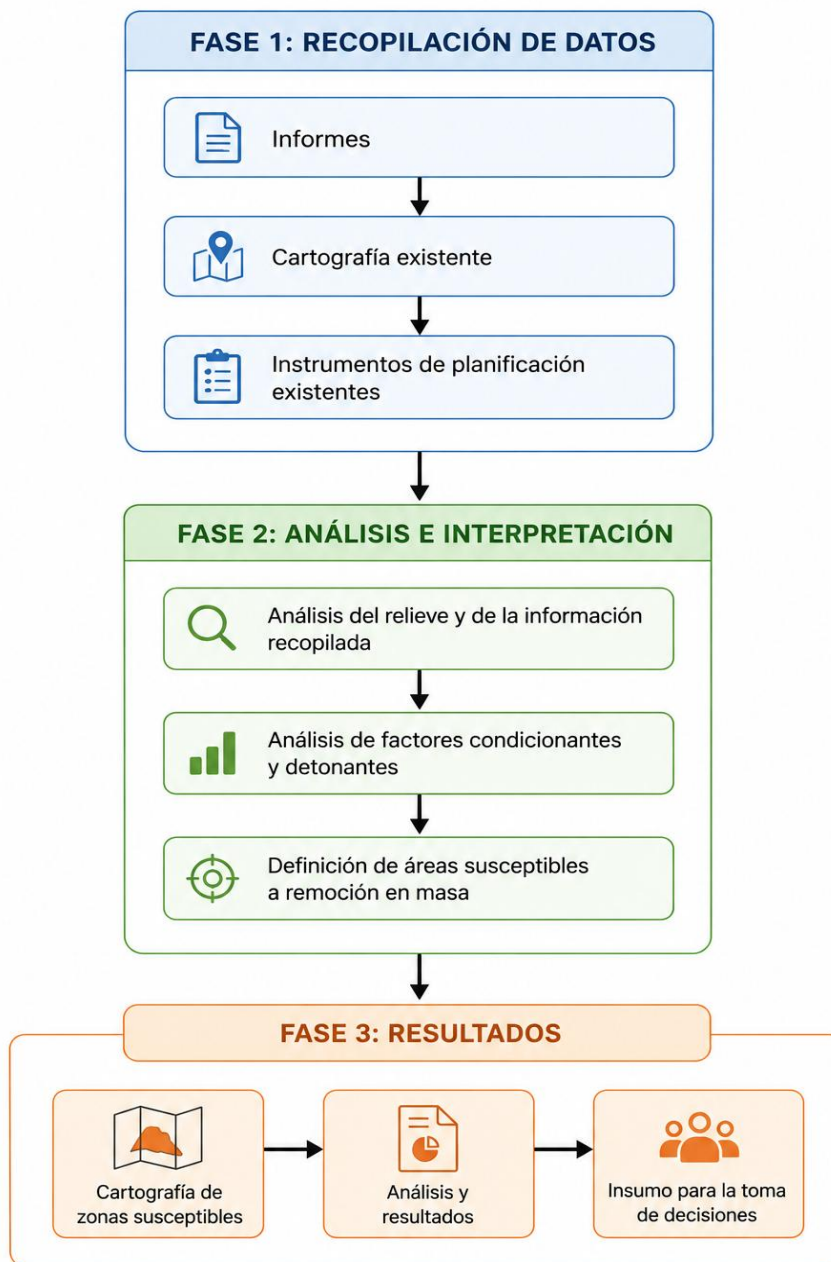
La investigación es de tipo exploratoria y descriptiva ya que busca identificar y caracterizar las zonas susceptibles a procesos en masa en el municipio de Piedecuesta. Presenta un enfoque cualitativo como cuantitativo, permitiendo analizar e interpretar información geográfica y territorial. El método de investigación es el análisis mediante la integración de diferentes variables físicas y geomorfológicas del territorio.

Las técnicas empleadas son:

- Teledetección, para obtener información espacial del área de estudio.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG), para procesar y analizar la información geográfica.
- Cartografía, para la elaboración de mapas temáticos y de susceptibilidad.

Procedimiento o fases que se van a implementar son los siguientes:

Figura 1. Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración con apoyo de inteligencia artificial, bajo supervisión y revisión del autor.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Fase 1: Recopilación de información

La primera fase del proyecto estuvo orientada a la recopilación, organización y preparación de la información necesaria para el desarrollo de la investigación. En esta etapa se realizó una búsqueda bibliográfica y documental sobre los procesos de remoción en masa, gestión del riesgo, geomorfología, análisis del relieve y herramientas geoespacial aplicadas al estudio de amenazas naturales. Para ello se consultaron artículos científicos, informes técnicos, documentos institucionales, normas nacionales y los diferentes instrumentos de planificación territorial y gestión del riesgo del municipio de Piedecuesta.

Con la información recopilada se construyó el estado de arte, el cual permitió identificar los principales antecedentes relacionados con la problemática de los procesos de remoción en masa, así como las metodologías empleadas en investigaciones similares. Este análisis facilitó establecer los fundamentos conceptuales y técnicos que sirvieron de base para el desarrollo del presente proyecto.

Posteriormente se realizó la recolocación de información cartográfica y geográfica necesaria para el análisis espacial del municipio. Para ello se descargó información vectorial y ráster proveniente de entidades oficiales como el IGAC, IDEAM y Alaska Vertex. Como insumo principal para el análisis del relieve se descargó el Modelo Digital de Elevación (Dem) con una resolución a 12,5 metros desde la plataforma

Alaska Vertex. Este modelo constituye la base para la generación de diferentes productos cartográficos relacionados con las características topográficas del terreno.

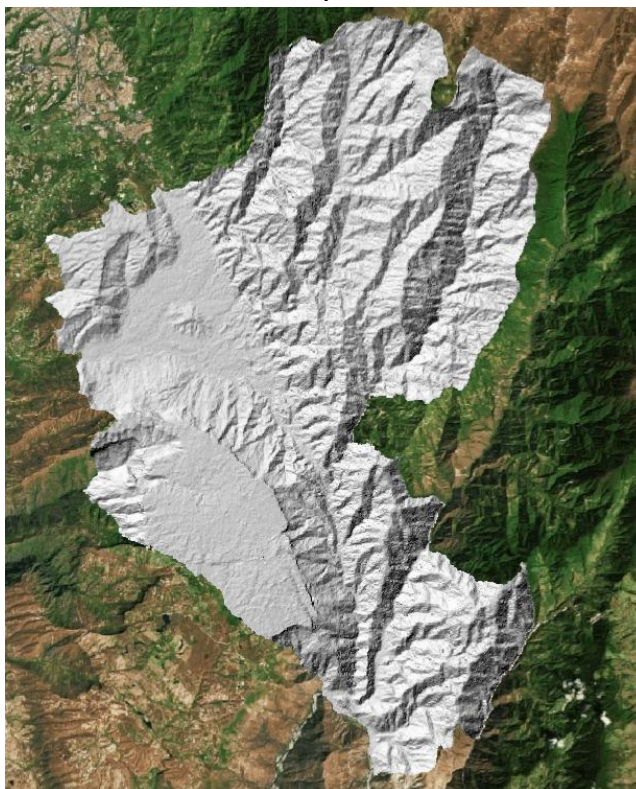
Además del DEM, se recopiló información correspondiente a geología, geomorfología, hidrología, fallas geológicas, cobertura del suelo, límites administrativos, información climática y demás capas temáticas necesarias para el desarrollo del análisis. Finalmente, toda la información fue organizada dentro de un sistema de información geográfica, donde se estructuró una geodatabase que permitió integrar, clasificar y administrar los diferentes insumos cartográficos, garantizando un adecuado procesamiento de la información durante las siguientes fases del proyecto.

4.2. Fase 2: Análisis e interpretación

Una vez recopilada la información, se procedió al procesamiento y análisis espacial utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Esta fase tuvo como finalidad caracterizar las condiciones físicas y geográficas del municipio de Piedecuesta mediante el análisis integrado de las diferentes variables relacionadas con la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

Inicialmente se realizó el procesamiento del Modelo Digital de Elevación (DEM), efectuando el recorte del área de estudio para trabajar únicamente sobre el municipio de Piedecuesta. A partir de este modelo se generó la cartografía temática correspondiente al análisis del relieve.

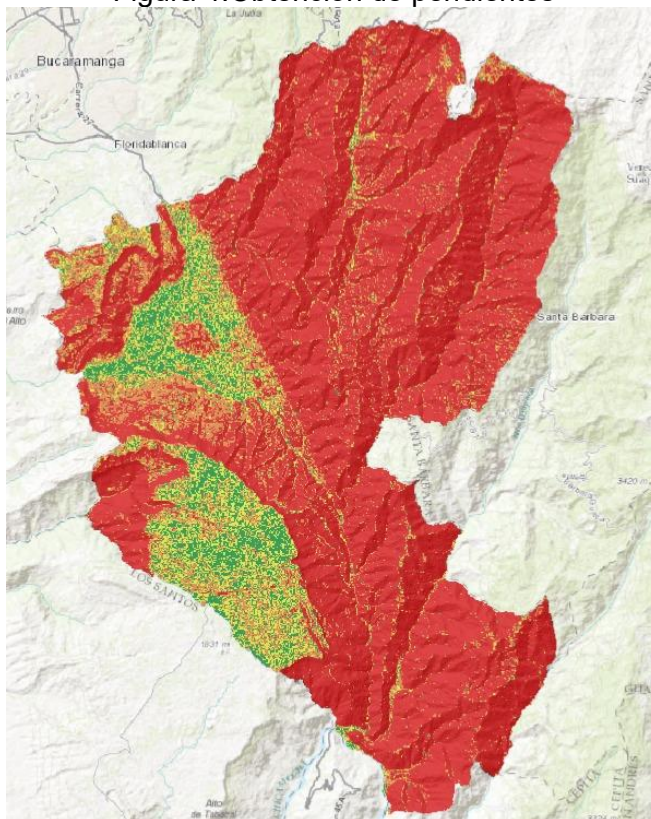
Figura 3. Generación de sombras Hillshade



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

Posteriormente se generó el mapa de pendientes, el cual permitió identificar y clasificar el grado de inclinación del terreno en el municipio de Piedecuesta. Este producto cartográfico es una de las variables más importantes para el análisis de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa, ya que la pendiente influye directamente en la estabilidad de las laderas. Las zonas con mayores inclinaciones presentan mayor probabilidad de deslizamientos debido al efecto de la gravedad. Además, este mapa permitió identificar los sectores críticos y relacionarlos con otras variables como la litología, las geoformas, el clima y las coberturas del suelo proporcionando un insumo fundamental para el análisis del relieve

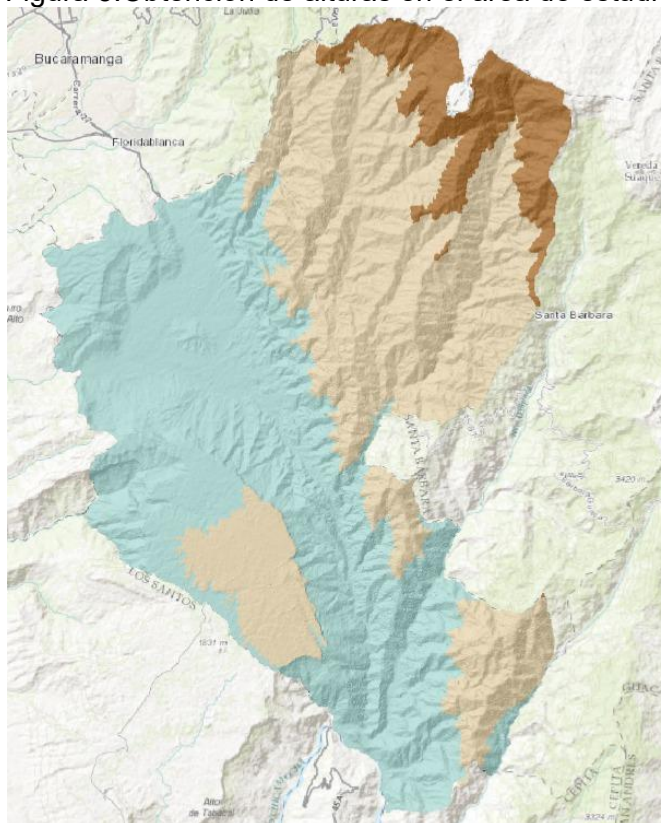
Figura 4. Obtención de pendientes



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

Seguidamente se elaboró el mapa hipsométrico, el cual permitió representar la distribución de las elevaciones del terreno dentro del municipio mediante diferentes rangos altitudinales. Este mapa facilitó la identificación de zonas bajas, medias y altas permitiendo analizar la variación del relieve y su influencia sobre el territorio. La información obtenida ayudó a comprender la relación entre la altitud y otros factores físicos. Además, sirvió como insumo para el análisis de procesos de remoción en masa, al complementar la caracterización topográfica del área.

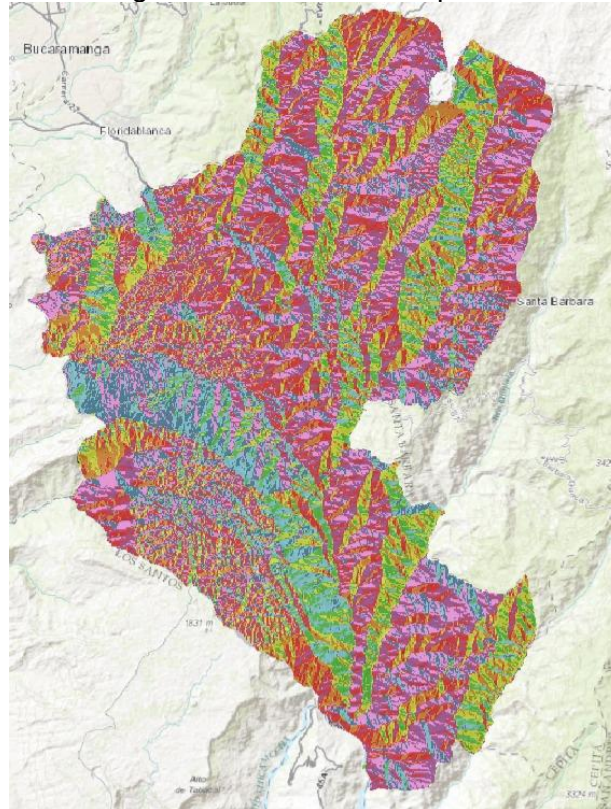
Figura 5. Obtención de alturas en el área de estudio



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026
y modificada a través del software QGIS

El mapa de aspecto, permitió determinar la orientación de las laderas del municipio con respecto a los puntos cardinales. La cartografía es fundamental para un buen análisis ya que la orientación del terreno influye en la incidencia de la radiación solar, la retención de humedad y el desarrollo de la cobertura vegetal. Estas condiciones pueden afectar el comportamiento geotécnico del suelo y la estabilidad de las laderas. Además, este mapa permitió complementar los procesos de remoción al relacionar la orientación de las pendientes con las demás variables físicas evaluadas.

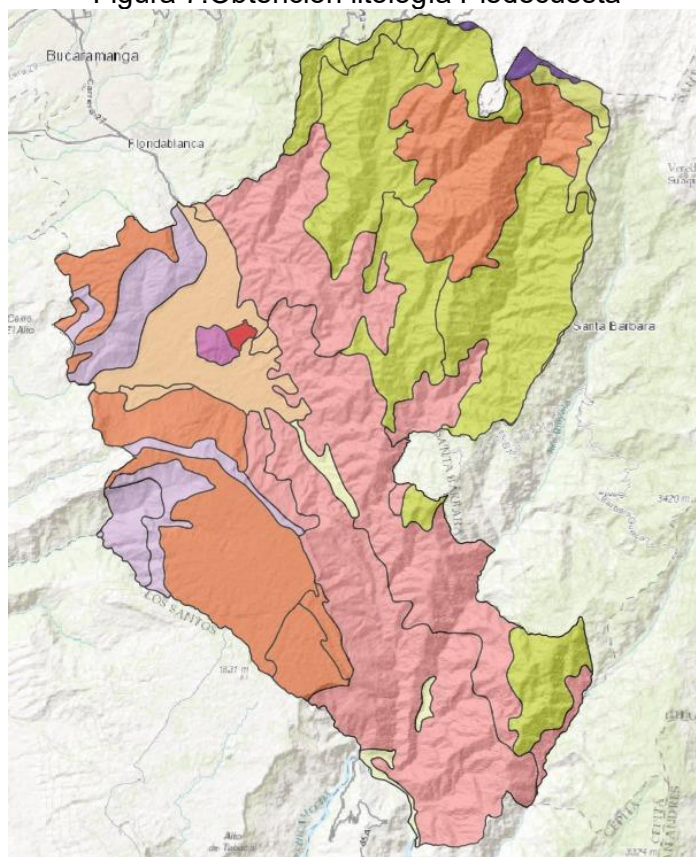
Figura 6. Obtención de aspectos



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026
y modificada a través del software QGIS

Se elaboro el mapa litológico con el propósito de identificar la distribución de los diferentes tipos de rocas y materiales geológicos presentes en el área de estudio. Este análisis permitió reconocer las características físicas y mecánicas de cada unidad litológica, las cuales influyen en la resistencia y estabilidad del terreno. La información obtenida fue fundamental para evaluar el comportamiento de los materiales frente a los procesos de remoción en masa y complementar el análisis de susceptibilidad.

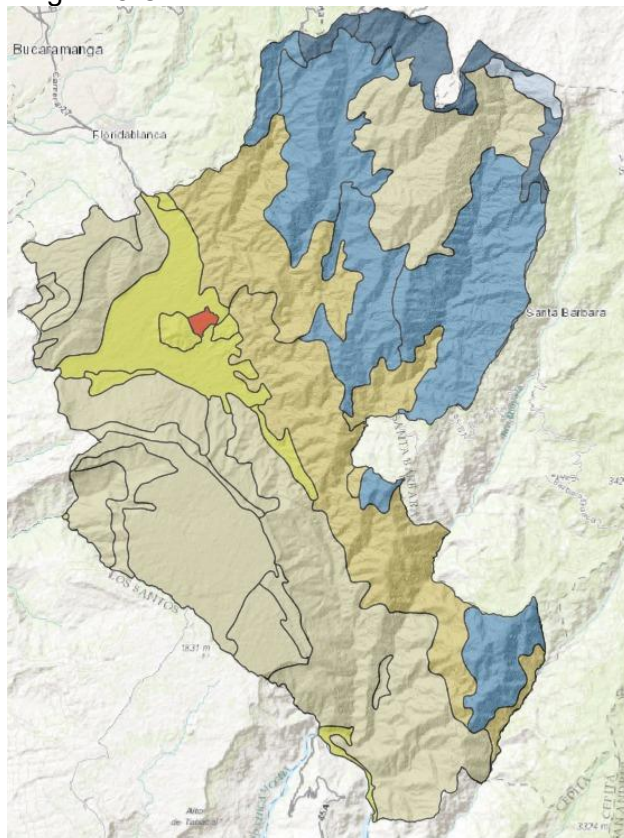
Figura 7. Obtención litología Piedecuesta



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa de clima se integró para identificar la distribución de las condiciones climáticas presentes en Piedecuesta. Con esto se facilitó un análisis de variables como la precipitación y la temperatura, las cuales generan una gran influencia. La información climática permitió identificar zonas con mayores precipitaciones con áreas potencialmente susceptibles debido a las saturaciones de los suelos durante las temporadas de lluvias.

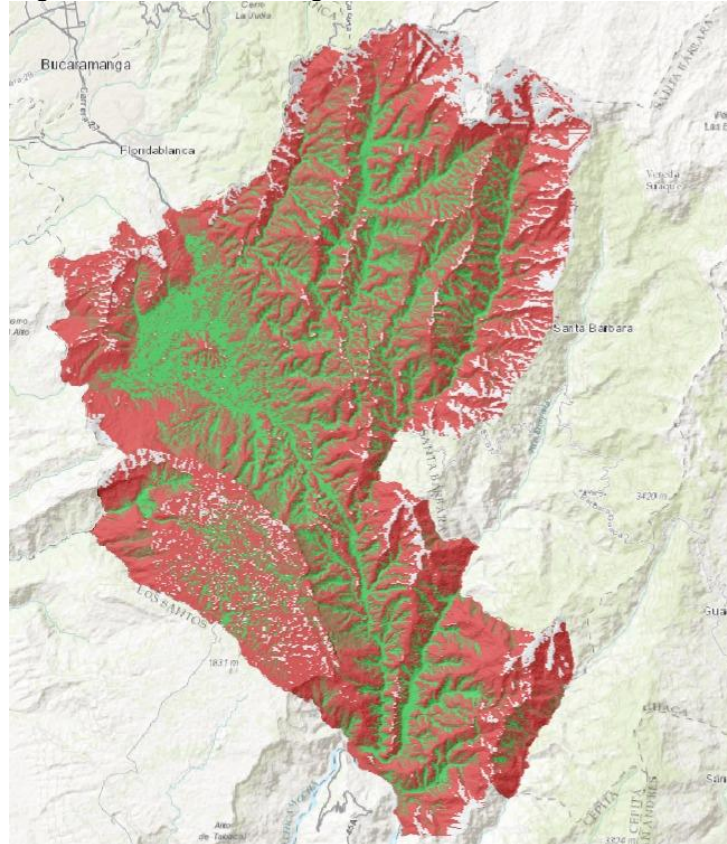
Figura 8. Obtención de climas área de estudio



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

Se generó el mapa de geoformas, el cual permitió identificar y clasificar las diferentes formas del relieve presentes. Esta cartografía facilitó un análisis de laderas, valles, terrazas y escarpes, permitiendo comprender la dinámica geomorfológica del territorio. La identificación de estas constituyó un insumo importante para reconocer las áreas con mayor predisposición a procesos de remoción en masa.

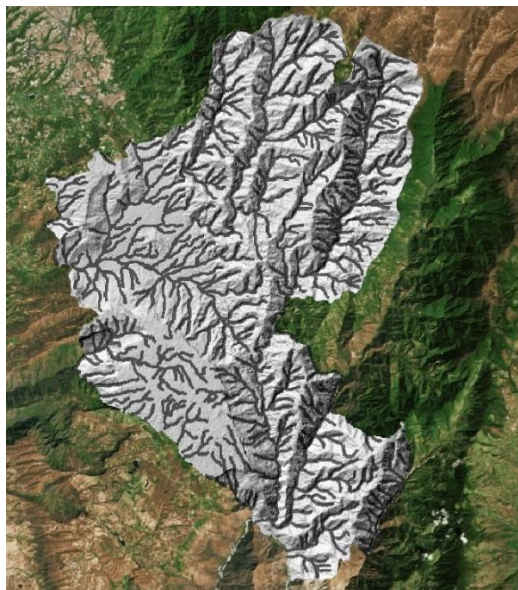
Figura 9. Obtención de geoformas en la zona de estudio



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026
y modificada a través del software QGIS

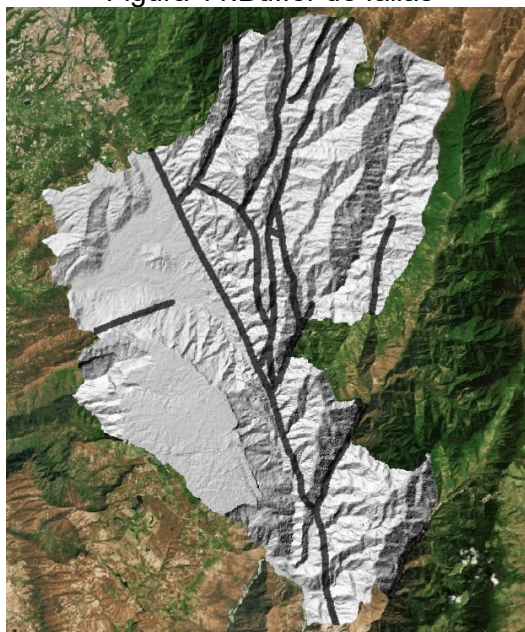
Posteriormente se desarrollaron análisis de proximidad mediante la herramienta Buffer sobre la red hidrográfica y las fallas geológicas. El análisis de proximidad a los ríos permitió identificar las áreas potencialmente afectadas por procesos de erosión e inundación asociados al aumento del caudal durante épocas de lluvia. De igual manera, el Buffer sobre las fallas geológicas permitió evaluar la influencia de la actividad tectónica como factor detonante de movimientos en masa.

Figura 10. Buffer de ríos



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026
y modificada a través del software QGIS

Figura 11. Buffer de fallas



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026
y modificada a través del software QGI

4.3. Factores Condicionantes y Detonantes

- Factores Condicionante

Un factor condicionante es una característica propia del terreno o del medio físico que favorece o aumenta la posibilidad de que ocurra un proceso de remoción en masa. Entre las principales características analizadas se encuentran la pendiente, la litología, las geoformas, el relieve y la cobertura del suelo. Estas condiciones determinan el grado de estabilidad de las laderas y permiten reconocer las áreas con mayor predisposición a presentar movimientos en masa. El análisis de estos factores fue fundamental para evaluar la susceptibilidad del territorio y apoyar la elaboración del proyecto (Servicio Geológico Colombiano, 2017)

- Factores Detonante

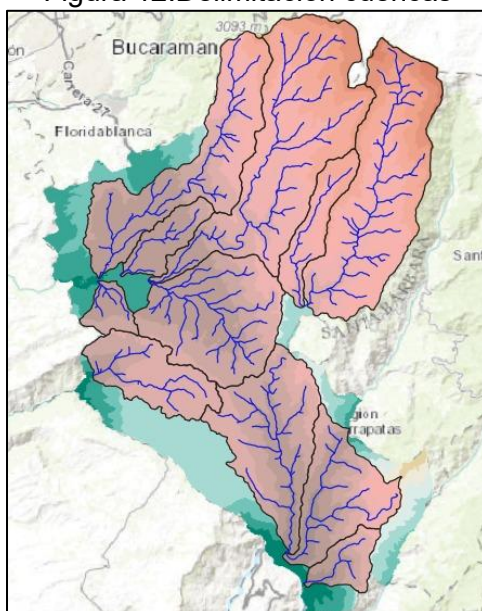
Los factores detonantes son entendidos como los eventos externos que pueden desencadenar un proceso de remoción en masa en zonas previamente susceptibles. Dentro de los principales factores considerados se encuentran las precipitaciones intensas, la actividad sísmica y las intervenciones antrópicas, como los cortes de taludes, la deforestación y el crecimiento urbano no planificado. La evaluación de estos factores permitió comprender las condiciones que pueden activar los movimientos en masa y complementar el análisis del riesgo en el municipio de Piedecuesta. (Servicio Geológico Colombiano, 2017)

4.4. Delimitación de cuencas Hidrográficas

La delimitación de las cuencas hidrográficas identificadas en el municipio de Piedecuesta, obtenidas a partir del análisis hidrológico del Modelo Digital de Elevación (DEM) mediante herramientas en ArcGis y Qgis. Este procedimiento permitió definir la red de drenajes y los límites de las cuencas que conforman el área de estudio, constituyendo una parte fundamental para el análisis del relieve y la dinámica hidrológica del territorio.

Esta delimitación de las cuencas permite conocer el comportamiento del drenaje, también sirve como base para la generación de la curva hipsométrica que describe la distribución de las elevaciones dentro de cada cuenca y su grado de evolución geomorfológica. A partir de esta curva es posible analizar los procesos erosivos y la evolución que tiene el relieve para identificar sectores con mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

Figura 12. Delimitación cuencas



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026
y modificada a través del software QGIS

5. RESULTADOS

5.1. Fase 3: Resultados

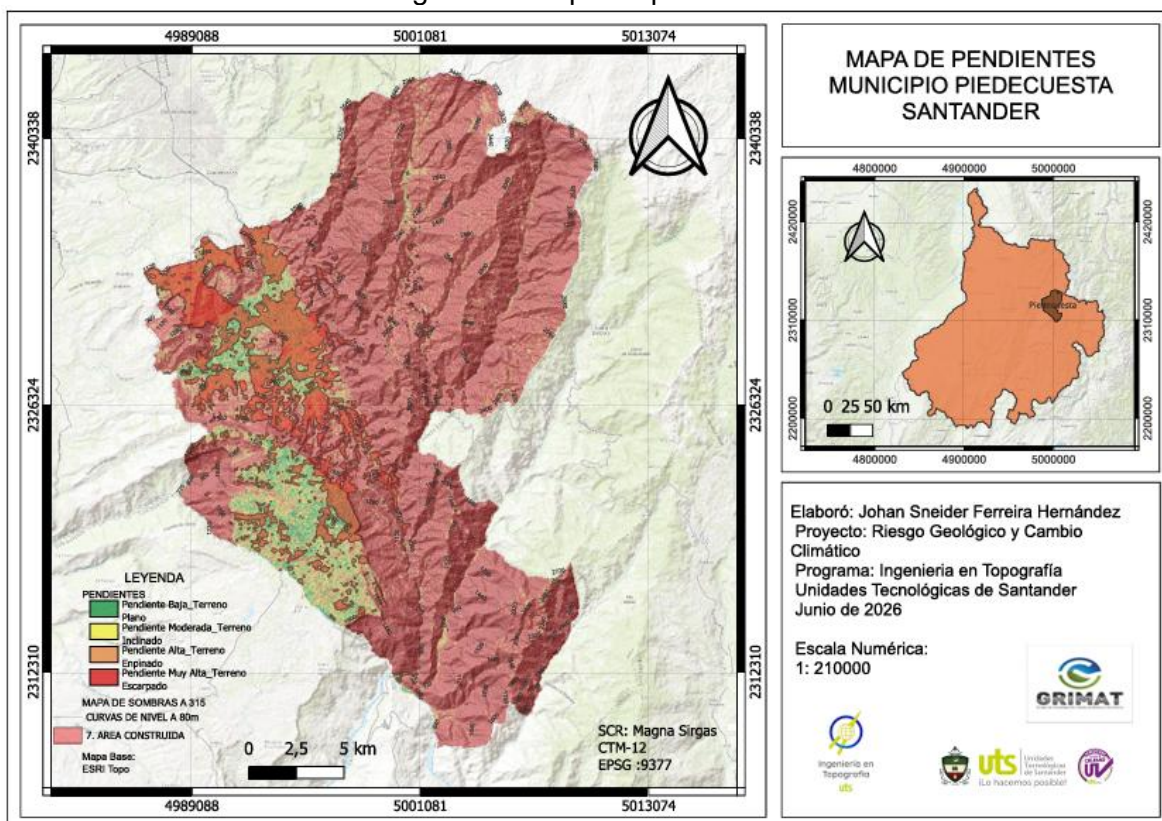
En esta fase se presentan los resultados obtenidos a partir del procesamiento y análisis de la información geográfica desarrollada durante la investigación. Inicialmente se exponen las salidas graficas correspondientes a la cartografía temática generada en la fase anterior, incluyendo los mapas de pendientes, hipsométrico, aspecto, clima, litología, geoformas. Cada una de estas salidas graficas fue interpretada de manera individual, describiendo su aporte al análisis del relieve y con su relación con la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

Se realizo un análisis integral del relieve mediante un análisis multicriterio, en el cual se integraron varias variables topográficas, geológicas, geomorfología, hidrológicas y climáticas. La combinación de estas variables permitió identificar las áreas con mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa dentro del municipio, estableciendo diferentes niveles de susceptibilidad según las condiciones físicas del terreno.

5.2. Resultados y análisis de las Salidas graficas

5.3. Mapa de Pendientes

Figura 13. Mapa de pendientes



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa de pendientes evidencia que la zona urbana del municipio se localiza principalmente sobre terrenos con pendientes bajas y moderadas, representadas en el mapa por los tonos verde y verde claro, condiciones que han favorecido el establecimiento del casco urbano y el desarrollo de la infraestructura. Sin embargo, hacia la periferia urbana se observan sectores con pendientes altas y muy altas,

representadas en tonos amarillos, naranjas y rojos, los cuales corresponden a laderas de mayor inclinación que rodean parte de la ciudad.

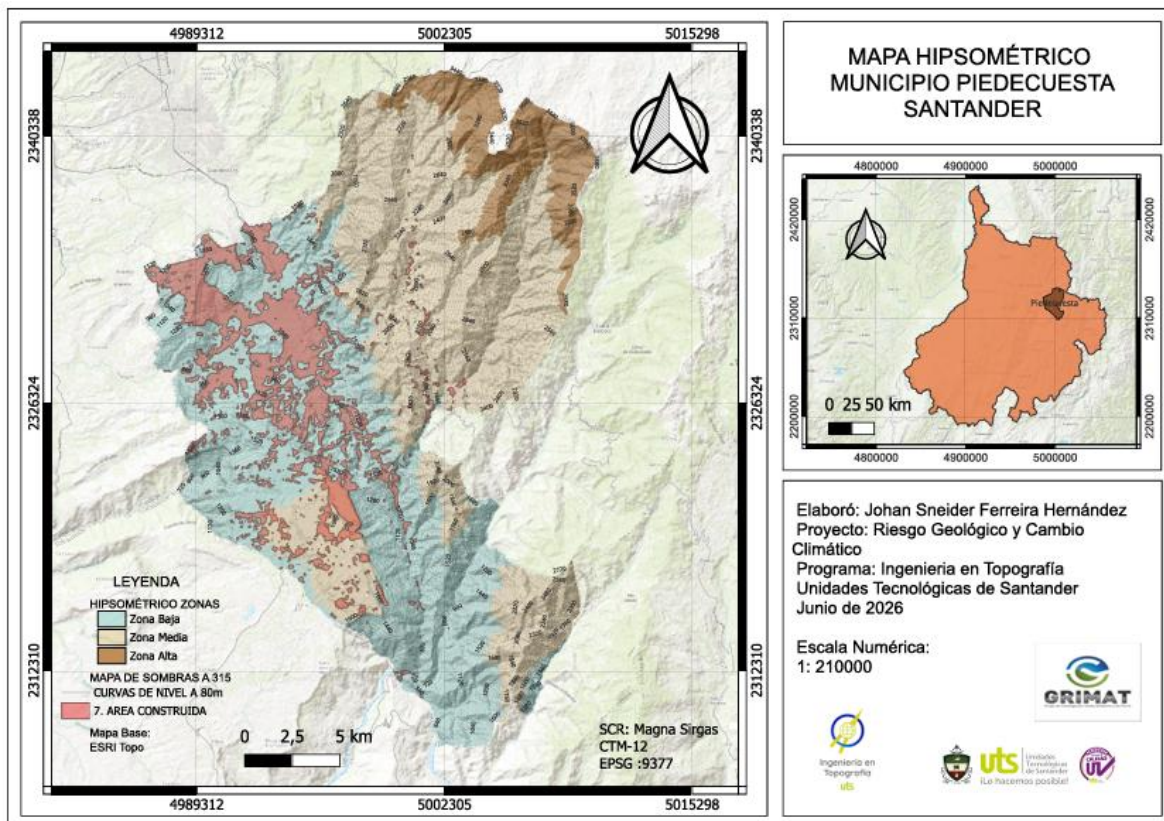
La transición entre las zonas de pendiente moderada y las laderas de fuerte inclinación constituye un aspecto importante para la planificación urbana, debido a que en estos sectores el terreno presenta una menor estabilidad y mayores restricciones para el desarrollo de nuevas edificaciones. Además, la presencia de urbanizaciones cercanas a las laderas incrementa la necesidad de implementar medidas de manejo del terreno, control de escorrentías y estabilización de taludes.

➤ **Escenario de Riesgo**

En la zona urbana de Piedecuesta, las áreas cercanas a las laderas identificadas con colores amarillo, naranja y rojo presentan una mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa, especialmente durante periodos de lluvias intensas. La precipitación del agua junto con intervenciones antrópicas como cortes de taludes, expansión urbana y construcción de vías, puede disminuir la estabilidad del terreno y favorecer la ocurrencia de deslizamientos. Estas condiciones representan un riesgo potencial para las viviendas, la infraestructura vial y las redes de servicios públicos ubicadas en los sectores periféricos de la ciudad, por lo que su identificación constituye algo muy fundamental para la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.

5.4. Mapa Hipsométrico

Figura 14. Mapa hipsométrico



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa hipsométrico del municipio de Piedecuesta permite identificar la distribución de las alturas sobre el nivel del mar, observándose que la cabecera urbana se localiza principalmente en un rango de elevaciones medias, rodeada por sectores de mayor altitud hacia el oriente y suroriente. Esta configuración evidencia que el área urbana se encuentra influenciada por el relieve montañoso circundante, lo que favorece el flujo de las aguas superficiales desde las zonas altas hacia los sectores urbanizados.

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

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

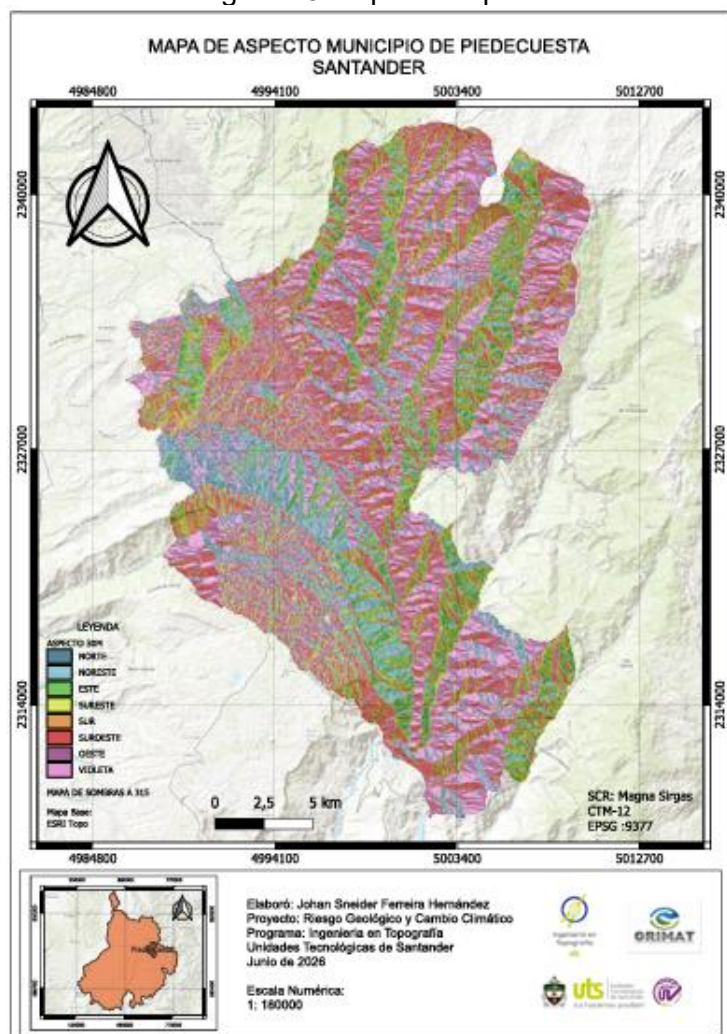
Las diferencias altitudinales presentes alrededor del casco urbano condicionan la dinámica hidrológica del municipio y pueden incrementar la susceptibilidad a procesos de remoción en masa en las laderas cercanas a la ciudad. Asimismo, las zonas de transición entre las áreas montañosas y la expansión urbana requieren especial atención, debido a que presentan mayores cambios de pendientes y pueden generar inestabilidad del terreno, especialmente durante periodos de lluvias intensas.

➤ Escenario de Riesgo

En la zona urbana la distribución altitudinal favorece el flujo superficial de las aguas hacia las partes bajas de la ciudad durante eventos de precipitación intensa. Esta condición puede ocasionar avenidas torrenciales e inundaciones súbitas en sectores cercanos a quebradas y canales de drenaje, además de incrementar la probabilidad de deslizamientos en barrios ubicados sobre laderas o en zonas de expansión urbana con pendientes moderadas o altas. Esto representa un riesgo potencial para la población, la infraestructura vial y las redes de servicios públicos, por lo que deben ser considerados dentro de los procesos de planificación territorial y gestión del riesgo.

5.5. Mapa de aspecto

Figura 15. Mapa de aspecto



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa de aspecto permite identificar la orientación de las laderas respecto a los puntos cardinales en la zona urbana y su área de influencia del municipio. Debido a las características montañosas del territorio, se observa una distribución variada de orientaciones, especialmente en los sectores donde el relieve presenta mayores

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

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

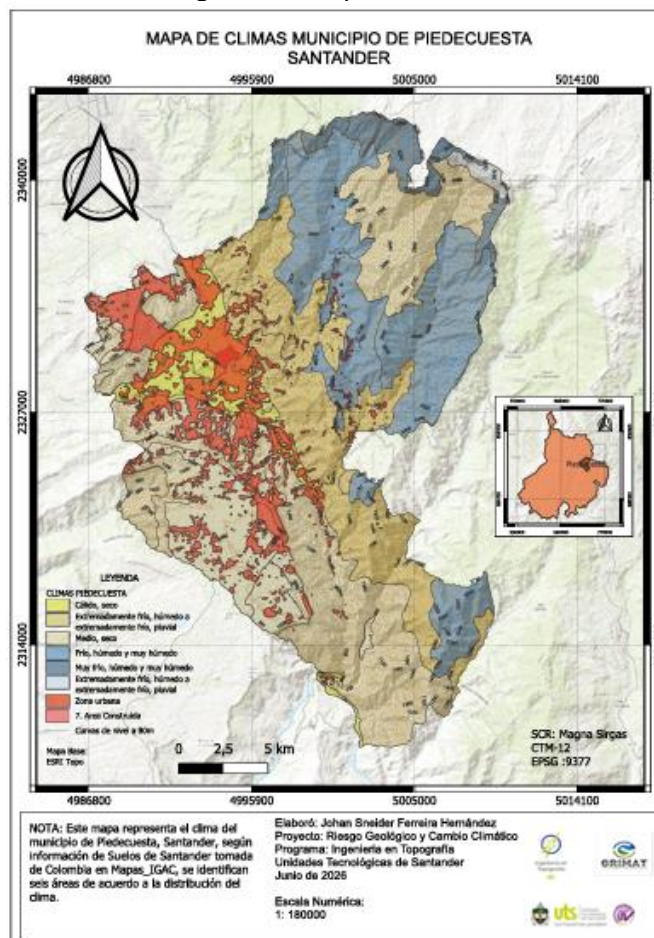
inclinaciones. La orientación de las laderas influye directamente en la incidencia de la radiación solar, la temperatura, la humedad del suelo y el desarrollo de la cobertura vegetal, factores que condicionan el comportamiento geotécnico del terreno. En el entorno urbano, estas condiciones son importantes porque determinan el grado de estabilidad de las laderas sobre las cuales se han desarrollado viviendas, vías y demás obras, constituyendo un criterio relevante para la planificación territorial.

➤ Escenario de Riesgo

En la zona de estudio las laderas con orientaciones que favorecen una mayor acumulación de humedad presentan mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa durante temporadas de lluvias intensas, debido a la saturación progresiva de los suelos y la disminución de su resistencia. Por otra parte, las laderas con mayor exposición a la radiación solar pueden experimentar pérdida de cobertura vegetal y resequedad del suelo, condiciones que incrementan la erosión superficial y en épocas secas, favorecen a la ocurrencia de incendios. Estos escenarios pueden generar afectaciones a viviendas, vías, redes de servicios y demás infraestructuras localizadas en los sectores de ladera de la zona urbana, por lo que su identificación es fundamental para orientar medidas de prevención y ordenamiento territorial.

5.6. Mapa de clima

Figura 16. Mapa de climas



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa de climas permite identificar las condiciones climáticas presentes en el municipio de Piedecuesta y su influencia sobre la zona urbana. Se observa que el casco urbano se encuentra principalmente bajo un clima cálido medio seco, caracterizado por temperaturas relativamente altas. Hacia los sectores montañosos que rodean la ciudad se presentan condiciones climáticas más húmedas, asociadas al incremento de la altitud y a una mayor precipitación.

Esta variación climática influye en la disponibilidad del agua, el comportamiento hidrológico, el desarrollo de la cobertura vegetal y la estabilidad de los suelos. Asimismo, las diferencias entre las zonas secas y húmedas condicionan la ocurrencia de procesos naturales que pueden afectar el desarrollo urbano y la planificación territorial.

➤ Escenario de Riesgo

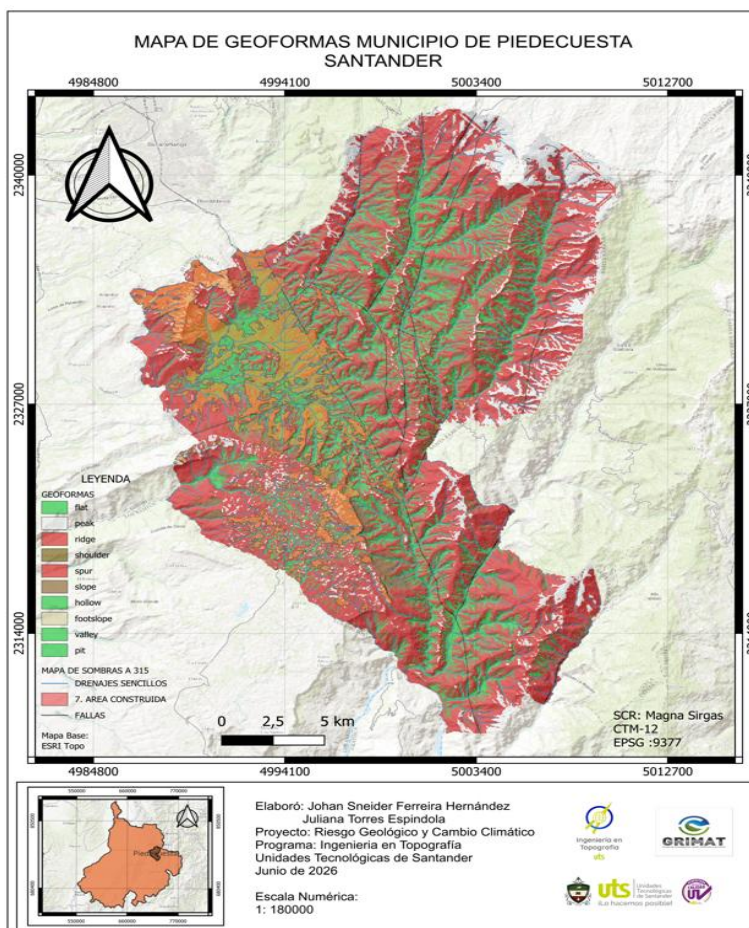
En la zona urbana las condiciones de clima cálido medio seco puede favorecer periodos de escases de agua y el aumento de las temperaturas durante determinadas épocas del año, afectando la disponibilidad del recurso hídrico y la cobertura vegetal. Por otra parte, durante las temporadas de lluvias el agua proveniente de las zonas montañosas con climas más húmedos puede incrementar la escorrentía superficial y la saturación de los suelos en las laderas cercanas al casco urbano, aumentando la probabilidad de procesos de remoción en masa, erosión e inundaciones.

CLIMAS	M.S.N.M
CÁLIDO, SECO	ZONA BAJA ENTRE 500 Y 1650
MEDIO, HÚMEDO Y MUY HÚMEDO	ZONA BAJA ENTRE 500-1650 Y ZONA MEDIA ENTRE 1650-2800
MEDIO, SECO	ZONA BAJA ENTRE 500-1650, ZONA MEDIA ENTRE 1650-2800 Y ZONA ALTA ENTRE 1650-3950
FRÍO, HÚMEDO Y MUY HÚMEDO	ZONA MEDIA ENTRE 1650-2800 Y ZONA ALTA ENTRE 1650-3950
MUY FRÍO, HÚMEDO Y MUY HÚMEDO	ZONA MEDIA ENTRE 1650-2800 Y ZONA ALTA ENTRE 1650-3950
EXTREMADAMENTE FRÍO, HÚMEDO A EXTREMADAMENTE FRÍO, PLUVIAL	ZONA ALTA ENTRE 1650 Y 3950

Tabla 1. Alturas zonas Piedecuesta

5.7. Mapa de geoformas

Figura 17. Mapa de geoformas



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa de geoformas muestra las diferentes formas del relieve presentes en el municipio como montañas, laderas, colinas y valles. Se observa un predominio de geoformas montañosas y de ladera especialmente hacia la parte oriental del municipio lo que evidencia un territorio abrupto y alta dinámica geomorfológica.

Estas características influyen en la estabilidad del terreno, el drenaje natural de las aguas y los procesos de erosión. Las zonas de ladera presentan mayor susceptibilidad a cambios en el suelo debido a lluvias y a las actividades humanas como la deforestación y la construcción de infraestructura. En el casco urbano de Piedecuesta predominan geoformas asociadas a superficies relativamente estables, sin embargo, su expansión se ha desarrollado hacia sectores donde existen laderas y terrenos con mayor inclinación. Esta condición hace que algunas áreas urbanas se encuentren influenciadas por procesos geomorfológicos que pueden afectar la estabilidad de terreno, especialmente en zonas cercanas a escarpes y laderas naturales, por lo que su identificación resulta fundamental para orientar el crecimiento urbano.

➤ **Escenarios de riesgo**

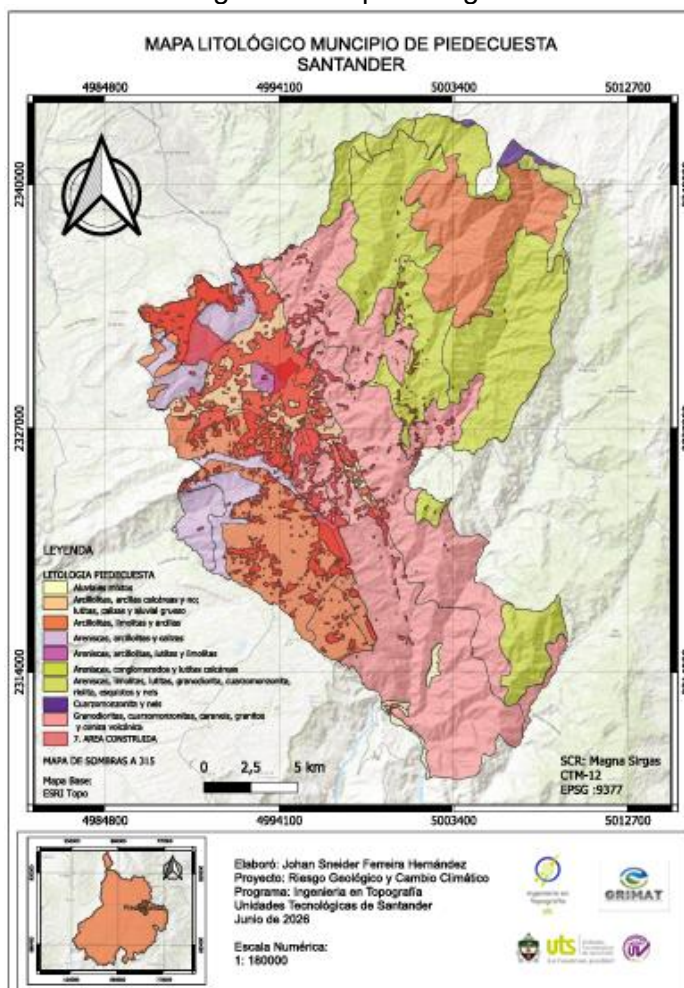
Los movimientos de masa constituyen el principal escenario de riesgo debido a la presencia de laderas y terrenos inclinados que pueden perder estabilidad durante periodos de lluvias intensas. En los sectores cercanos al casco urbano donde existen geoformas de ladera, la intervención antrópica y la expansión urbana puede incrementar la susceptibilidad del terreno y generar afectaciones sobre viviendas y vías.

También puede presentarse:

- Caída de rocas en zonas montañosas escarpadas
- Erosión del suelo por acción del agua sobre las laderas
- Avenidas torrenciales en los valles o cauces donde se concentran los flujos de agua.

5.8. Mapa litológico

Figura 18. Mapa litológico



Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa litológico permite identificar la distribución de las diferentes unidades geológicas presentes en el municipio de Piedecuesta y su relación con la estabilidad del terreno. En la zona urbana se observa el predominio de materiales sedimentarios y depósitos superficiales, representados por diferentes colores, los cuales presentan características físicas y mecánicas que condicionan el

comportamiento del suelo frente a las cargas y a la acción de agentes externos. Hacia la periferia del casco urbano se encuentran unidades litológicas de mayor complejidad cuya resistencia varía de acuerdo con su composición y grado de meteorización. Estas características influyen directamente en la estabilidad de las laderas, la infiltración del agua y el desarrollo de obras, por lo que el conocimiento de estas constituye un elemento para la planificación urbana y gestión del riesgo

➤ Escenario de riesgo

En la zona urbana, las áreas asentadas sobre depósitos superficiales y materiales poco consolidados presentan una mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa especialmente durante periodos de lluvias intensas cuando aumenta la saturación del suelo y disminuye su resistencia. Asimismo, las intervenciones antrópicas, como la excavación de taludes, la construcción de viviendas y la expansión urbana hacia sectores de ladera pueden incrementar la inestabilidad del terreno. Estas condiciones pueden ocasionar deslizamientos, afectaciones a viviendas, vías, redes de servicios, por lo que el mapa litológico es una herramienta fundamental para identificar sectores que requieren estudios geotécnicos y medidas de prevención dentro del ordenamiento territorial del municipio.

5.9. Cuadro de Factores Condicionantes y Detonantes

➤ Factores Condicionantes

Factores condicionantes	Descripción	Influencia en la remoción en masa
Pendiente	Inclinación del terreno que determina la estabilidad de las laderas.	A mayor pendiente, mayor probabilidad de inestabilidad y deslizamientos.
Litología	Tipo y características de las rocas y materiales presentes.	Materiales poco consolidados presentan menor resistencia al movimiento.

Geoformas	Formas del relieve como laderas, valles y escarpes.	Favorecen la erosión y la inestabilidad según su configuración.
Relieve	Configuración topográfica del terreno.	Influye en el drenaje y la estabilidad de las laderas.
Cobertura del suelo	Vegetación y uso del suelo.	La pérdida de cobertura vegetal incrementa la erosión.

Tabla 2. Factores condicionantes

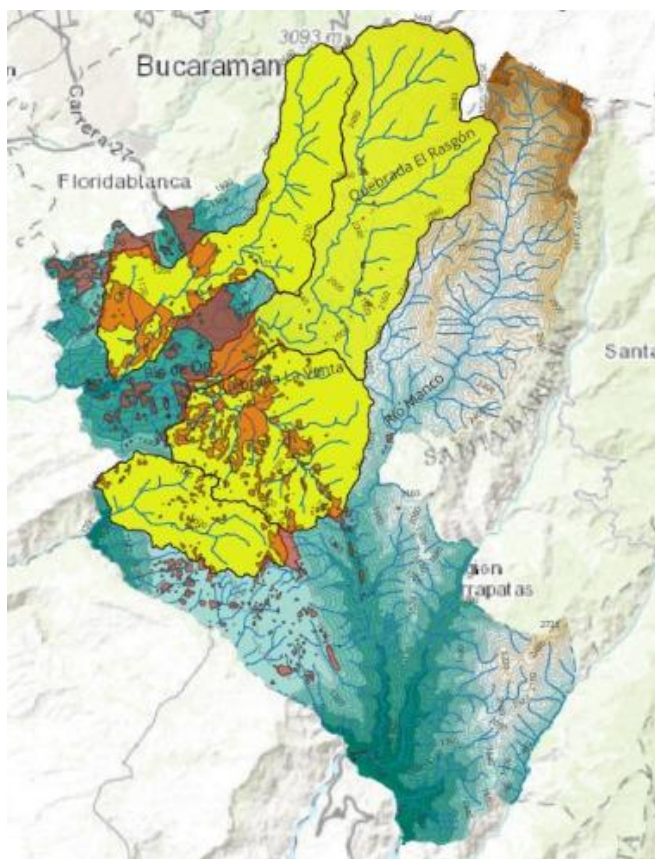
➤ Factores Detonantes

Factores detonantes	Descripción	Efecto sobre la remoción en masa
Precipitaciones intensas	Lluvias de alta intensidad o larga duración.	Saturan el suelo y favorecen los deslizamientos.
Actividad sísmica	Movimientos tectónicos.	Desestabilizan laderas y pueden generar movimientos en masa.
Cortes de taludes	Excavaciones para vías o construcciones.	Alteran el equilibrio natural del terreno.
Deforestación	Eliminación de la cobertura vegetal.	Incrementa la erosión y reduce la estabilidad.
Expansión urbana no planificada	Construcción en zonas de riesgo.	Aumenta la exposición y la inestabilidad del terreno.

Tabla 3. Factores detonantes

5.10. Cuencas Analizadas

Figura 19. Cuencas Analizadas



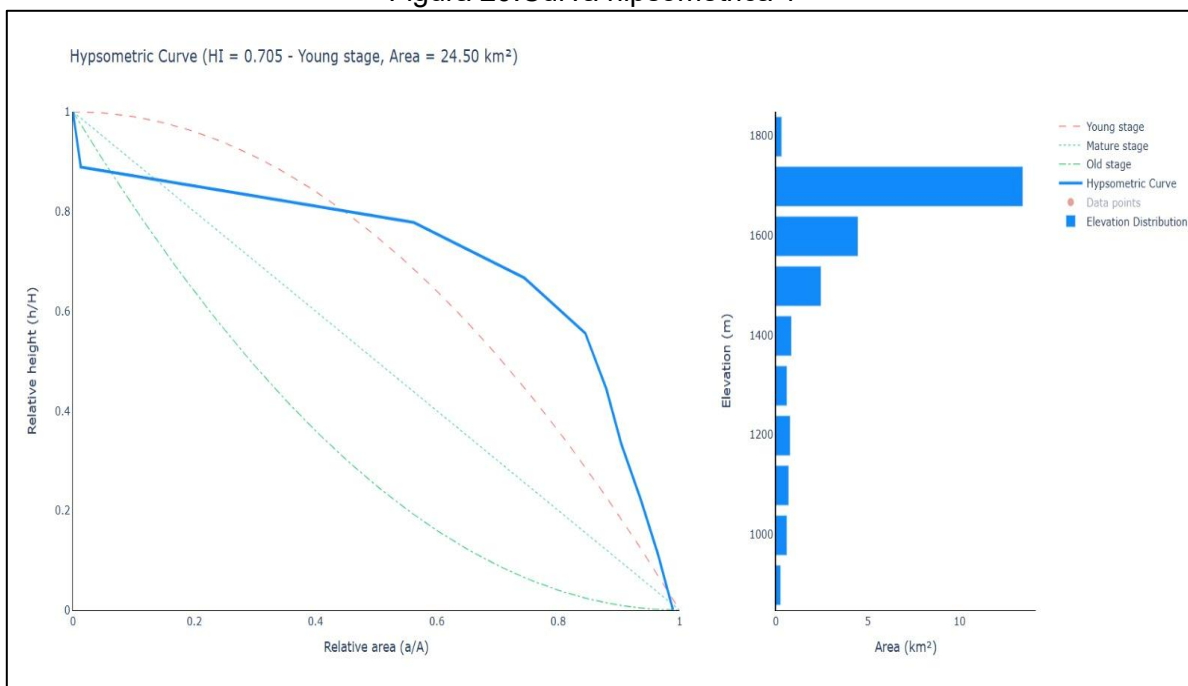
Fuente: Elaborado a partir de información descargada de Colombia en mapas-IGAC 2026 y modificada a través del software QGIS

El mapa de cuencas hidrográficas representa las principales cuencas y red de drenaje de estudio que atraviesan el casco urbano del municipio de Piedecuesta. Cada color delimita una cuenca diferente, mientras que sus líneas azules corresponden a los cauces de ríos y quebradas. Este análisis permite comprender el comportamiento del drenaje natural, identificar la dirección del flujo del agua y reconocer las zonas donde pueden presentarse procesos de erosión y remoción en masa.

6. Curvas Hipsométricas

6.1. Curva cuenca hídrica 1

Figura 20. Curva hipsométrica 1

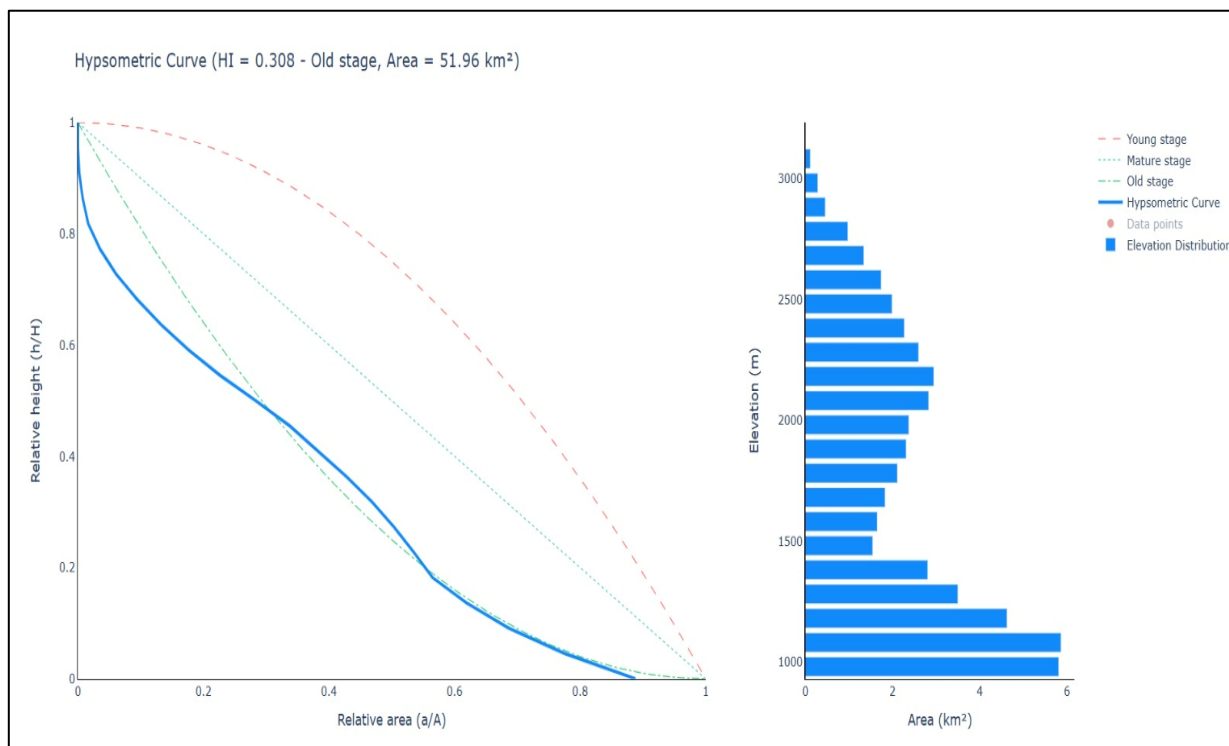


Fuente: Elaborada en QGIS mediante herramienta ARCGEEK.

La curva hipsométrica de la cuenca presenta un índice hipsométrico (HI) de 0,705, lo que indica que la cuenca se encuentra en una etapa joven, conservando gran parte de su relieve y presentando pendientes que favorecen el escurrimiento superficial y los procesos de remoción en masa. Por su parte, el histograma de elevación muestra que la mayor parte del área de la cuenca se concentra entre los 1.600 y 1.800 m s. n. m, evidenciando el predominio de zonas de alta elevación que influyen en la dinámica del drenaje.

6.2. Curva cuenca hídrica 2

Figura 21. Curva hipsométrica 2

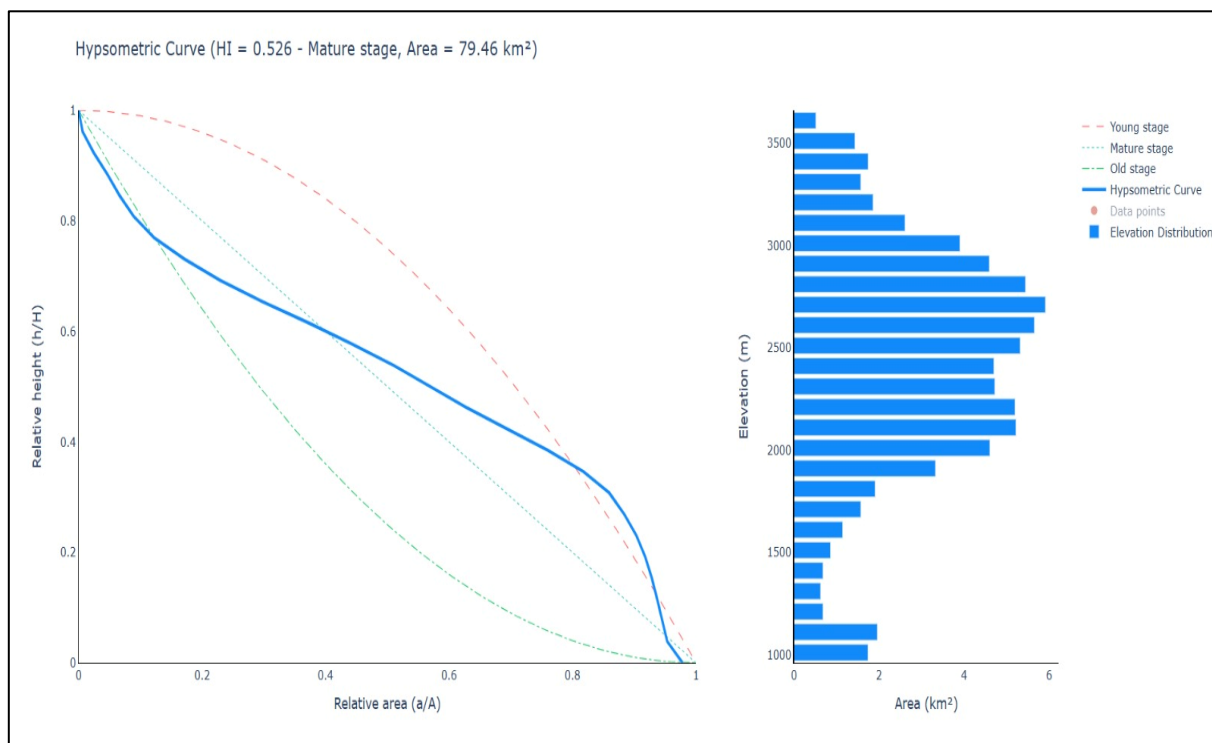


Fuente: Elaborada en QGIS mediante herramienta ARCGEEK.

La curva hipsométrica presenta un índice hipsométrico (HI) de 0,308, lo que indica que la cuenca se encuentra en una etapa antigua de evolución geomorfológica. Esto significa que el relieve ha experimentado un mayor grado de erosión y desgaste a largo del tiempo, reduciendo progresivamente su energía. Por su parte, el histograma de elevación muestra que la mayor parte del área se concentra entre los 1.000 y 1.400 m s. n. m, mientras que las mayores altitudes ocupan una superficie menor.

6.3. Curva cuenca hídrica 3

Figura 22. Curva hipsométrica 3

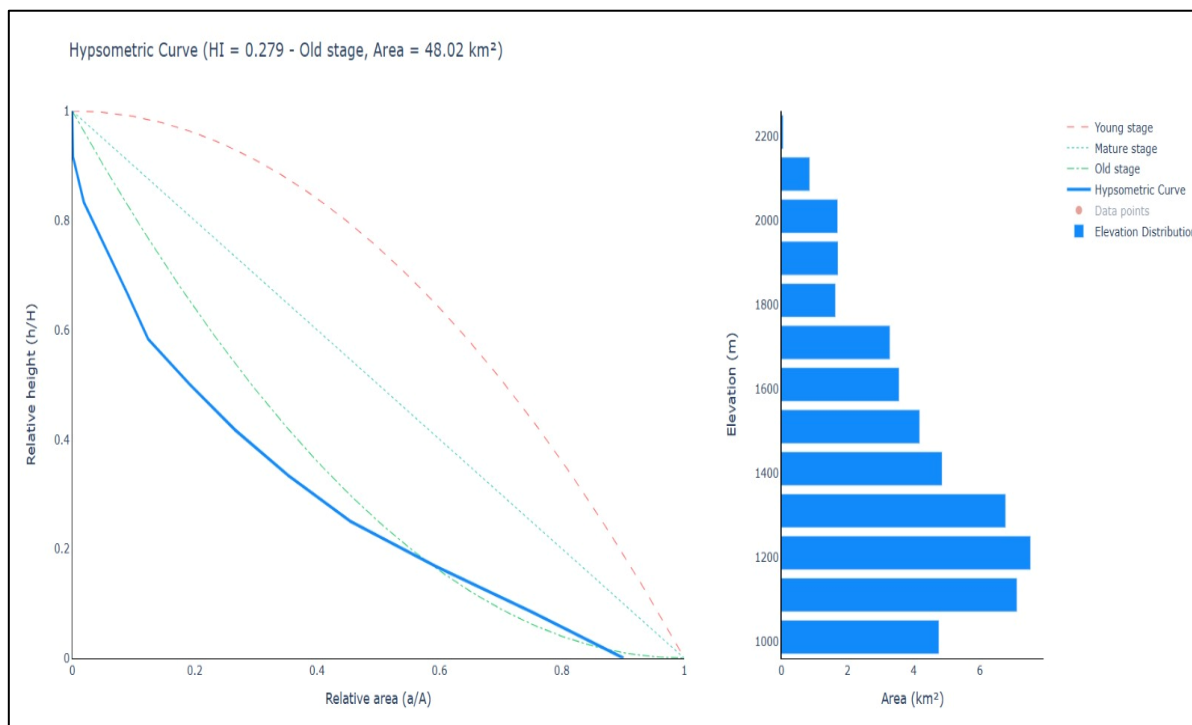


Fuente: Elaborada en QGIS mediante herramienta ARCGEEK.

La curva hipsométrica presenta un índice hipsométrico (HI) de 0,526, lo que indica que la cuenca se encuentra en una etapa madura de evolución geomorfológica. Esto significa que el relieve presenta un equilibrio entre los procesos de erosión y conservación de las formas del terreno, evidenciando una evolución intermedia de la cuenca. Por su parte, el histograma de elevación muestra que la mayor parte del área se concentra entre los 2.000 y 2.900 m s. n. m, mientras que las zonas de menor altitud ocupan una menor superficie.

6.4. Curva cuenca hídrica 4

Figura 23. Curva hipsométrica 4



Fuente: Elaborada en QGIS mediante herramienta ARCGEEK.

La curva hipsométrica presenta un índice hipsométrico (HI) de 0,279, lo que indica que la cuenca se encuentra en una etapa antigua de evolución geomorfológica. Está resuelta evidencia que el relieve ha experimentado un importante grado de erosión a lo largo del tiempo, reflejando una evolución avanzada de la cuenca. Por su parte el histograma de elevación muestra que la mayor parte del área se concentra entre 1.100 y 1.400 m s. n. m, mientras que las elevaciones superiores a los 1.800 m s. n. m, ocupan una menor superficie.

6.5. Análisis comparativo de las cuencas hidrográficas del municipio de Piedecuesta

Cuenca hidrográfica	Características principales	Cambios de pendientes	Cambios de altura (cotas)	Zonas donde predominan los procesos erosivos
Quebrada La Gramera	Presenta un relieve ondulado a montañoso, red de drenaje ramificada y numerosos afluentes. Presenta sectores agrícolas y algunas áreas intervenidas.	Predominan pendientes medias y fuertes, especialmente hacia la parte alta.	Entre 950 y 1.900 m s. n. m.	Principalmente en las partes altas y en las laderas, donde las lluvias facilitan la pérdida de suelo y pequeños deslizamientos.
Río de Oro	Es la cuenca de gran importancia para el municipio, con relieve montañoso y alta densidad de drenaje. Recibe aportes de quebradas como El Rasgón y La Venta.	Se presentan cambios importantes, pasando de pendientes suaves en la parte baja a pendientes muy fuertes en la parte alta.	Entre 1.000 y 3.200 m s. n. m.	os procesos erosivos se presentan principalmente en las zonas altas y en las laderas con mayor inclinación, donde las fuertes pendientes y las lluvias favorecen la remoción en masa y la erosión de los cauces.
Río Hato	Esta cuenca se encuentra en gran parte del casco urbano de Piedecuesta. Combina zonas urbanas con áreas rurales y de ladera.	Predominan pendientes suaves en el casco urbano y pendientes fuertes hacia la periferia del municipio.	Entre 900 y 2.300 m s. n. m.	La erosión se presenta principalmente en las laderas cercanas al área urbana, debido a las lluvias, la construcción de viviendas y los cortes de terreno.

Quebrada San Javier del Oro	Se encuentra ubicada al sur del municipio, con predominio de áreas rurales y vegetación natural.	Presenta pendientes medias y fuertes en la mayor parte del territorio.	Entre 1.000 y 2.200 m s. n. m.	Los procesos erosivos se presentan en las laderas y cerca de las quebradas, donde el agua va desgastando el terreno y transportando sedimentos.
-----------------------------	--	--	--------------------------------	---

Tabla 4. Características de las cuencas hidrográficas del municipio de Piedecuesta

7. CONCLUSIONES

- El análisis desarrollado permitió comprender que los procesos de remoción en masa en el municipio de Piedecuesta no dependen de un solo factor, sino de la interacción entre diferentes características físicas del territorio. Variables como la pendiente, la altitud, la litología, las geoformas, el clima y la red de drenaje influyen de manera conjunta en el comportamiento del relieve y en la estabilidad de las laderas. La integración de estas variables mediante herramientas de información geográfica facilitó una interpretación más amplia del territorio, permitiendo reconocer como las condiciones naturales pueden favorecer la ocurrencia de este tipo de fenómenos y constituyendo un apoyo para futuras acciones relacionadas con la planificación territorial.
- La elaboración de la cartografía temática permitió identificar el conocimiento de las condiciones físicas del municipio mediante la representación espacial de las principales variables asociadas al relieve. El análisis conjunto de los mapas de pendientes, hipsometría, aspecto, clima, litología y geoformas, así como la delimitación de las cuencas hidrográficas y el estudio de las curvas hipsométricas facilitó la comprensión de la dinámica del terreno y de la influencia que ejercen estas variables sobre la estabilidad de las laderas. Este proceso permitió contar con información organizada y de fácil interpretación para apoyar estudios relacionados con el ordenamiento territorial.
- La información obtenida mediante el análisis del relieve constituye un aporte técnico que puede servir de apoyo para la planificación territorial y la gestión

del riesgo del municipio. La cartográfica generada proporciona una base de información que facilita la identificación de sectores donde las condiciones naturales del terreno requieren una mayor atención durante la ejecución de obras civiles, la expansión urbana y la ocupación del suelo. Además, este trabajo representa un insumo que podrá ser utilizado en futuras investigaciones relacionadas con la evaluación de amenazas naturales, la gestión ambiental y la actualización de instrumentos de planificación, contribuyendo al desarrollo de estrategias orientadas a reducir la vulnerabilidad a procesos de remoción en masa.

8. RECOMENDACIONES

- Es importante complementar este estudio mediante la realización de visitas de campo en las diferentes zonas identificadas dentro del municipio, con el fin de verificar las condiciones reales del terreno y validar la información obtenida a través del análisis cartográfico desarrollado con herramientas SIG. Estas actividades permitirán reconocer evidencias de procesos de remoción en masa, identificar posibles cambios en el relieve y fortalecer la confiabilidad de los resultados obtenidos. Además, el trabajo de campo facilitará la actualización de la información y servirá como apoyo para futuras investigaciones relacionadas con la gestión del riesgo
- Resulta conveniente actualizar periódicamente la información geográfica empleada en este tipo de estudios, incorporando modelos digitales de elevación con mayor resolución espacial, imágenes satelitales recientes y cartografía oficial proveniente de entidades como el IGAC, el IDEAM y el Servicio Geológico Colombiano. La actualización constante de estos insumos permitirá mejorar la calidad de los análisis, identificar cambios en el territorio y disponer de información más precisa para la planificación territorial y la toma de decisiones relacionadas con la prevención de procesos a remoción en masa.
- Es pertinente que futuras investigaciones amplíen el análisis incorporando variables adicionales que influyan en la ocurrencia de procesos a remoción, tales como las características geotécnicas de los suelos, el uso y la cobertura de la tierra, los registros históricos de deslizamientos, la intensidad de las precipitaciones y los posibles efectos del cambio climático. La integración de

estos factores permitirá desarrollar estudios más completos y generar información con un mayor nivel de detalle para la evaluación del comportamiento del territorio frente a este tipo de amenazas

- Se considera importante que la cartografía temática y la información general en este proyecto sean utilizadas como herramienta de apoyo por parte de la administración municipal y de las entidades responsables de la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial. La incorporación de estos resultados en los procesos de planificación contribuirá a orientar el crecimiento urbano hacia zonas con mejores condiciones de estabilidad, priorizar acciones de prevención y mitigación, y fortalecer la formulación de estrategias encaminadas a reducir la vulnerabilidad de la población frente a los procesos de remoción en masa en el municipio de Piedecuesta

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- <https://fundacionexe.org.co/wp-content/uploads/2024/12/ACUERDO-053-PLAN-DE-DESARROLLO.pdf>
- <https://www.curaduria1piedecuesta.com/wp-content/uploads/2018/07/ACUERDO-028-de-2003-PBOT.pdf>
- PLAN MUNICIPAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES MUNICIPIO DE PIEDECUESTA-SANTANDER. PDF
- file:///D:/Usuario/Downloads/plan_gestin_del_riesgo_de_desastres_de_santander_2020.pdf
- <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>
- <https://apnews.com/article/austria-alud-a6b3d099f5d8d68517d84d77a52e70f2>
- <https://www.bbc.com/mundo/articles/cpv7p10xn28o>
- <https://www.wradio.com.co/2024/01/09/despues-de-un-ano-de-emergencia-hay-una-nueva-amenaza-de-deslizamiento-en-rosas-cauca/>
- https://caracol.com.co/emisora/2020/10/02/bucaramanga/1601635294_170841.html
- https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/giron/2026/03/24/la-montana-se-esta-cayendo-alarma-en-giron-por-deslizamiento-que-amenaza-a-un-barrio/#google_vignette
- <https://www.dw.com/es/noruega-deslizamiento-de-tierra-deja-10-heridos-y-15-desaparecidos/a-56099611>
- <https://www.infobae.com/america/america-latina/2022/02/22/la-tragedia-en-la-ciudad-brasilena-de-petropolis-ya-dejo-mas-de-180-muertos/>
- <https://www.aa.com.tr/es/mundo/al-menos-16-muertos-deja-un-deslizamiento-de-tierra-en-colombia-/2498369>
- <https://www.meganoticias.cl/nacional/450796-cerros-san-roque-monjas-valparaiso-casa-se-cayo-derrumbes-deslizamientos-remociones-brk-21-6-2024.html>
- <https://republica.com/actualidad/lluvias-enlutan-a-senahu-una-mujer-y-dos-ninas-pierden-la-vida-20259201130>
- <https://www.eltiempo.com/colombia/cali/emergencia-en-mallama-narino-avalancha-que-sepulto-viviendas-hay-siete-muertos-y-desaparecidos-3530511>

F-DC-125

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

VERSIÓN: 2.0

- <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/qiron/2026/04/08/riesgo-de-deslizamiento-en-qiron-familias-del-barrio-marianela-piden-auxilio/>
- <https://www2.sgc.gov.co>
- <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- <https://www.igac.gov.co/>
- <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>
- https://www.researchgate.net/publication/235864020_Geomorfologia_Principios_Metodos_y_Aplicaciones_Texto
- https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788426729484_A39794668/preview-9788426729484_A39794668.pdf
- <https://www.spatialanalysisonline.com/extractv7.pdf>

10. ANEXOS

- A. Mapa de pendientes
- B. Mapa Hipsométrico
- C. Mapa de aspectos
- D. Mapa de climas
- E. Mapa de geoformas
- F. Mapa litológico