

Practica empresarial en la CDMB como auxiliar de geología en la evaluación de riesgos geológicos, análisis de amenazas naturales y apoyo en la planificación y supervisión de soluciones geotécnicas para la estabilización de terrenos en la subdirección de gestión del riesgo y seguridad territorial (SURYT).

Juan David Segura Hernández

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Director

Luis Enrique Cruz Guevara

Geólogo, Paleontólogo

Tutor

Jesús Evelio Sánchez Sánchez

Ingeniero civil, Geotecnista

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingeniería Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mis padres, Martha Hernández y César Segura, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de mi carrera académica. Su amor, sacrificio y dedicación me han permitido llegar hasta aquí y alcanzar este logro. Gracias por creer en mí y por estar siempre presentes en los momentos más importantes de mi vida. Este trabajo es un reflejo de su esfuerzo y dedicación, y espero que se sientan orgullosos de mí.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores de trabajo de grado, Francisco Velandia y Luis Cruz, quienes me guiaron y apoyaron en la realización de este proyecto. Su experiencia, conocimientos y orientación fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo.

Así mismo, quiero agradecer al ingeniero Jesús Sánchez, quien fue mi director de trabajo de grado en la CDMB, por su apoyo y orientación en las etapas iniciales de este proyecto. Su experiencia y conocimientos fueron de gran valor para sentar las bases de este trabajo.

Agradezco también a mi evaluador, Angélica Álvarez, por su tiempo y dedicación en la revisión y evaluación de este trabajo. Sus comentarios y sugerencias fueron de gran valor para mejorar la calidad de este proyecto. Gracias a todos por su apoyo y colaboración en este proceso.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco profundamente a mis padres, Martha Hernández y César Segura, por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en mí a lo largo de este camino. Gracias por ser mi mayor motivación y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi primer director, Francisco Velandia, gracias por su orientación durante las primeras etapas del proyecto, por compartir su conocimiento y por su disposición para guiarme con compromiso y profesionalismo.

También quiero agradecer a mi segundo director, Luis Cruz, por asumir con entusiasmo la dirección del proyecto en una etapa clave, y por sus valiosas recomendaciones y acompañamiento académico.

Agradezco especialmente al ingeniero Jesús Sánchez, mi director en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), por brindarme la oportunidad de desarrollar este trabajo en la institución, y por su respaldo, disposición y apoyo técnico.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a todo el equipo de la CDMB por su colaboración y por facilitar los recursos necesarios para el desarrollo de este proyecto. Gracias por contribuir activamente al crecimiento profesional de los estudiantes.

Tabla de contenido

	Pág.
1. Introducción	12
1.1 Justificación	12
2. Objetivos	13
2.1 Objetivo General:	13
2.2 Objetivos Específicos:	13
3. Marco teórico	14
3.1 Antecedentes	14
3.2 Área de jurisdicción	17
3.3 Geomorfología	18
3.4 Geología ambiental	30
3.5 Movimiento en masa	31
4. Metodología	32
4.1 Fase 0: Preparación:	32
4.2 Fase 1: Recolección y análisis de datos geológicos:	32
4.3 Fase 2: Apoyo en la recopilación de datos geológicos y geotécnicos para soluciones de mitigación:	32
4.4 Fase 3: Seguimiento y evaluación de soluciones geotécnicas:	32
4.5 Fase 4: Visitas de campo y monitoreo de obras geotécnicas:	33

5. Resultados	33
5.1 Fase 0, tareas a realizar y establecimiento de la estructura de los informes:.....	33
<i>Distribución de formato de informe de visitas oculares de la CDMB (parte 1)</i>	34
5.2 Fase 1, ubicación del lugar afectado por amenazas y reportes de casos:.....	36
5.2.1 <i>Informe Charta (Deslizamiento)</i> :.....	36
5.2.2 <i>Informe Gaitán (escarpe con invasión y drenaje erosivo)</i> :	40
5.2.3 <i>Informe Mensulí (erosión e inundación)</i> :	45
5.3 Fase 2 apoyo en la recopilación de datos geológicos y geotécnicos:	50
5.3.1 <i>Informe escuela Casa Blanca (socavación superficial)</i> :	50
5.3.2 <i>Informe Rio Negro (cantera activa que expulsa residuo de roca constantemente y promueve el deslizamiento)</i> :	55
5.4 Fase 3, seguimiento y análisis de la efectividad de las soluciones geotécnicas implementadas:	60
5.4.1 <i>Informe la Feria, zona con alta susceptibilidad a procesos erosivos</i> :	60
5.5 Fase 4, visita de campo y monitoreo del desarrollo de las obras en ejecución de estabilización de terrenos:.....	67
5.5.1 <i>Informe barrio 23 de Junio ubicado en Bucaramanga, obra de pantalla anclada inconclusa</i> :	68
6. Conclusiones	80
7. Recomendaciones	81
8. Referencias Bibliográficas	83

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de Susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Santander. Se utilizó la figura de Montero, (2017).	16
Figura 2. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Santander. Se utilizó la figura de Montero, (2017).	17
Figura 3. Mapa geomorfológico regional 1:100000 del área de jurisdicción de la CDMB. Se utilizó la plancha número 120 del Servicio Geológico Colombiano y la geomorfología de Calvache y Ruiz (2015).	29
Figura 4. Distribución de formato de informe de visitas oculares de la CDMB (parte 1).	34
Figura 5. Distribución de formato de informe de visitas oculares de la CDMB (parte 2).	35
Figura 6. Coordenadas del punto afectado por deslizamiento ubicadas en Google Earth.	37
Figura 7. Imagen satelital con detalle del punto afectado. Fuente: Imagen ESRI (2025).	38
Figura 8. Mapa geológico regional del área de estudio 1:100.000 del área de estudio caso Charta. Mapa geológico de la plancha 109 Rionegro de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero (2001).	39
Figura 9. Coordenadas del punto afectado por erosión ubicadas en Google Earth.	41
Figura 10. Imagen satelital con detalle del sector visitado. Fuente: Google Earth (2025).	42
Figura 11. Mapa geológico local del área de estudio 1:25.000 del área de estudio. Caso barrio Gaitán. Se utilizó la plancha número 120 Bucaramanga de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero (2001).	43
Figura 12. Coordenadas del punto afectado por erosión e inundación ubicadas en Google Earth.	45

Figura 13. Imagen satelital con detalle del sector visitado. Fuente: ESRI (2025).	46
Figura 14. Mapa geológico del área de estudio 1:25.000 del área de estudio caso Mensulí. Se utilizó la plancha número 120 Bucaramanga de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero (2001).	47
Figura 15. Mapa de amenaza por inundación. Fuente: POMCA Rio Alto Lebrija (CDMB, 2018).	49
Figura 16. Punto donde se presenta la problemática de socavación.	51
Figura 17. Ladera (parte inferior de la escuela Casa Blanca).	53
Figura 18. Mapa geológico regional (1:100.000) del área de estudio, caso Escuela Casa Blanca. Se utilizó la plancha número 109 del IGAC y la geología de Ward et. al. (1973).	54
Figura 19. Calera activa (caso Rio Negro) ubicada en la corona del talud afectado.	56
Figura 20. Deslizamiento traslacional en talud interferido (caso Rio Negro).	57
Figura 21. Mapa geológico regional del área de estudio 1:100.000 caso Rio negro. Se utilizó la plancha número 109 del IGAC y la geología de Ward et. al. (1973).	59
Figura 22. Mapa geológico 1:25.000 del área de estudio, caso La Feria. Se utilizó la plancha número 120 de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero, (2001).	62
Figura 23. Sección superior de obra de mitigación de concreto lanzado, barrio La Feria (Bucaramanga).	64
Figura 24. Pantalla anclada desde la corona hasta el pie del talud, barrio La Feria (Bucaramanga).	64
Figura 25. Sistema de drenaje de concreto barrio La Feria (Bucaramanga).	65
Figura 26. Imagen satelital base de Google Earth, con detalle de la zona en estudio del barrio 23 de Junio.	69

- Figura 27. Zona de escarpe SW, barrio 23 de Junio, punto 1 de la figura 26, donde no hay presencia de obra. 70
- Figura 28. Zona de escarpe SW, barrio 23 de Junio, punto 8 de la figura 26, donde hay presencia de la pantalla anclada. 71
- Figura 29. Vista aérea por medio de dron del escarpe y la pantalla anclada del barrio 23 de Junio. 71
- Figura 30. Corona del escarpe con relleno antrópico del barrio 23 de Junio. 72
- Figura 31. Mapa geológico 1:25.000 de la zona afectada por erosión del barrio 23 de Junio. Se utilizó la plancha número 120 de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero, (2001). 74
- Figura 32. Mapa geomorfológico 1:25.000 del área de estudio, caso barrio 23 de Junio. Se utilizó la plancha número 120 Bucaramanga de INGEOMINAS y la geomorfología de Clavijo y Royero, (2007 – 2009). 76
- Figura 33. Mapa de zonificación geotécnica del sector de interés 1:25.000, caso barrio 23 de Junio. Se utilizó la zonificación sismogeotécnica de Clavijo. Et al, (2001). 78
- Figura 34. Mapa de amenaza por movimientos en masa 1:25.000, caso barrio 23 de Junio. Se utilizó la plancha número 120 del servicio geológico colombiano y la memoria explicativa de Leiva (2012). 79

Lista de tablas

Tabla 1. Coordenadas puntos visitados barrio 23 de Junio

68

Resumen

Título: Practica empresarial en la CDMB como auxiliar de geología en la evaluación de riesgos geológicos, análisis de amenazas naturales y apoyo en la planificación y supervisión de soluciones geotécnicas para la estabilización de terrenos en la subdirección de gestión del riesgo y seguridad territorial (SURYT).*

Autor: Juan David Segura Hernández**

Palabras clave: Riesgo geológico, Amenazas naturales, Soluciones geotécnicas, CDMB

Descripción:

La gestión del riesgo geológico y la seguridad territorial son esenciales para proteger comunidades y promover el desarrollo sostenible, especialmente en Colombia, donde la ubicación geográfica y la compleja topografía generan fenómenos como deslizamientos, inundaciones, terremotos y otros riesgos geológicos. Estos representan amenazas directas a la vida, la infraestructura y los ecosistemas, por lo que su identificación temprana y la implementación de soluciones geotécnicas adecuadas son clave para prevenir desastres y mitigar efectos en poblaciones vulnerables.

En este contexto, la Corporación Autónoma Regional de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), a través de la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT), cumple un papel crucial en la planificación, ejecución y monitoreo de políticas y proyectos para reducir riesgos naturales y geológicos. La CDMB trabaja junto a autoridades y comunidad en estrategias de prevención y mitigación que protegen a las personas y el entorno.

La práctica empresarial en la CDMB es una oportunidad para aplicar conocimientos académicos en un entorno real y desafiante, participando en la evaluación de riesgos geológicos, análisis de amenazas naturales y diseño de soluciones geotécnicas. Esta experiencia brinda una visión clara de la implementación institucional de políticas de gestión del riesgo y del uso de herramientas geológicas para proteger comunidades y recursos naturales.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director Luis Enrique Cruz Guevara.

Abstract

Title: Business internship at the CDMB as a geology assistant in the assessment of geological risks, analysis of natural hazards, and support in the planning and supervision of geotechnical solutions for slope stabilization in the Subdirectorate for Risk Management and Territorial Safety (SURYT).*

Author: Juan David Segura Hernández**

Key Words: Geological risk, Natural hazards, Geotechnical solutions, CDMB

Description:

Geological risk management and territorial safety are essential for protecting communities and fostering sustainable development, especially in Colombia, where geographic location and complex topography lead to phenomena such as landslides, floods, earthquakes, and other geological hazards. These pose direct threats to life, infrastructure, and ecosystems, making early identification and the implementation of adequate geotechnical solutions key to preventing disasters and mitigating their effects on vulnerable populations.

In this context, the Regional Autonomous Corporation for the Defense of the Bucaramanga Plateau (CDMB), through its Subdirectorate for Risk Management and Territorial Safety (SURYT), plays a crucial role in planning, executing, and monitoring policies and projects aimed at reducing natural and geological risks. The CDMB works closely with local authorities and communities to implement prevention and mitigation strategies that protect people and the environment.

The professional internship at the CDMB offers an opportunity to apply academic knowledge in a real and challenging environment, engaging in geological risk assessment, natural hazard analysis, and geotechnical solution design. This experience provides a clear understanding of institutional implementation of risk management policies and the application of geological tools to protect communities and natural resources.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Geology. Director Luis Enrique Cruz Guevara.

1. Introducción

1.1 Justificación

La gestión del riesgo geológico y la seguridad territorial son esenciales para proteger comunidades y promover el desarrollo sostenible, especialmente en Colombia, donde la ubicación geográfica y la compleja topografía generan fenómenos como deslizamientos, inundaciones, terremotos y otros riesgos geológicos. Estos representan amenazas directas a la vida, la infraestructura y los ecosistemas, por lo que su identificación temprana y la implementación de soluciones geotécnicas adecuadas son clave para prevenir desastres y mitigar efectos en poblaciones vulnerables.

En este contexto, la Corporación Autónoma Regional de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), a través de la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT), cumple un papel crucial en la planificación, ejecución y monitoreo de políticas y proyectos para reducir riesgos naturales y geológicos. La CDMB, responsable de la gestión ambiental y la seguridad territorial en la región, trabaja junto a autoridades y comunidad en estrategias de prevención y mitigación que protegen a las personas y al entorno.

La planificación de intervenciones geotécnicas es vital para estabilizar terrenos, prevenir desastres y proteger infraestructura. En zonas vulnerables a deslizamientos o inundaciones, las soluciones bien implementadas reducen riesgos y protegen vidas. El apoyo del estudiante de geología favorece un diseño, supervisión y aplicación más eficientes de estas soluciones, disminuyendo la probabilidad de desastres y reforzando la seguridad comunitaria.

La práctica empresarial en la CDMB es una oportunidad para aplicar conocimientos académicos en un entorno laboral real y retador. Participar en la evaluación de riesgos geológicos, el análisis de amenazas naturales y el diseño de soluciones geotécnicas permitirá adquirir experiencia en áreas clave para el desarrollo profesional. Asimismo, brindará una visión clara de la implementación

institucional de políticas de gestión del riesgo y del uso de herramientas geológicas para proteger comunidades y recursos naturales.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

Contribuir al proceso de gestión del riesgo y seguridad territorial mediante la evaluación geológica de áreas vulnerables, el análisis de amenazas naturales y el apoyo en la planificación y supervisión de soluciones geotécnicas orientadas a la estabilización de terrenos, con el fin de mitigar riesgos y mejorar la seguridad en las zonas críticas.

2.2 Objetivos Específicos:

Recolectar datos geológicos para identificar amenazas naturales como deslizamientos, erosión e inundaciones en áreas de estudio, utilizando herramientas geoespaciales básicas (como SIG) para apoyar en la evaluación de riesgos territoriales de forma supervisada y guiada.

Apoyar en la recopilación de datos geológicos y geotécnicos necesarios para la elaboración de soluciones geotécnicas preliminares para la mitigación de desastres naturales, bajo la supervisión de los coordinadores de la entidad, enfocándose en la actualización de informes existentes.

Participar en el seguimiento y análisis de la efectividad de las soluciones geotécnicas implementadas en proyectos de estabilización de terrenos y en la recolección de información para evaluar los avances y resultados de las soluciones.

Ayudar en las visitas de campo para monitorear las obras geotécnicas de estabilización de terrenos, colaborando en la revisión de informes técnicos y en la recopilación de datos sobre el avance de las intervenciones y realizar un seguimiento de los rendimientos de las obras, con la supervisión del equipo profesional.

3. Marco teórico

3.1 Antecedentes

Los eventos de movimiento en masa de gran magnitud, ya sea en términos de volumen o extensión del área afectada, presentan una menor frecuencia en comparación con aquellos de menor magnitud, lo cual constituye una regla general aplicable a numerosos procesos naturales. Aunque podría asumirse que los eventos de mayor magnitud tendrían un impacto proporcionalmente más elevado en términos de personas afectadas, esta relación no es necesariamente lineal. Si estos eventos ocurren en zonas con baja densidad poblacional o donde no existen bienes económicos expuestos, el riesgo y el impacto asociado son prácticamente inexistentes, salvo en casos específicos en los que se desencadenan procesos secundarios de larga distancia, como el provocado por un movimiento de masa que genera un impacto significativo en un lago. Por otra parte, los eventos de remoción en masa no son vistos solo como un desastre natural, sino también como un desastre socioeconómico, causado por la falta de estrategias de mitigación (Felgentreff y Glade., 2008).

El departamento de Santander ha experimentado a lo largo de su historia diversos procesos de desestabilización de laderas que han impactado tanto a la población como a la infraestructura. Entre los eventos más antiguos documentados, se destaca un movimiento en masa ocurrido en Bucaramanga en 1939, que resultó en la muerte de tres personas. Así mismo, en 1962, un flujo de detritos en el municipio de Guaca afectó directamente a la población, dejando varias familias damnificadas y representando una amenaza constante para los habitantes de Cepitá, quienes residen sobre el depósito generado por dicho fenómeno. Desde entonces, en la región se han registrado deslizamientos, caídas de rocas y flujos debido tanto a las condiciones naturales del territorio como a la intervención humana (Peña et al., 2017).

En la última década, uno de los eventos más relevantes ocurrió en Girón en febrero de 2005, cuando una intensa temporada invernal provocó la saturación del suelo, desencadenando flujos y deslizamientos traslacionales que ocasionaron la pérdida de 97 vidas, además de 39 personas heridas y decenas de familias afectadas. Actualmente, en Santander se han reportado 1.029 casos de movimientos en masa, de los cuales 380 cuentan con una clasificación y ubicación precisas.

Entre los distintos tipos de procesos registrados, los más comunes son los deslizamientos traslacionales y rotacionales. (Peña et al., 2017).

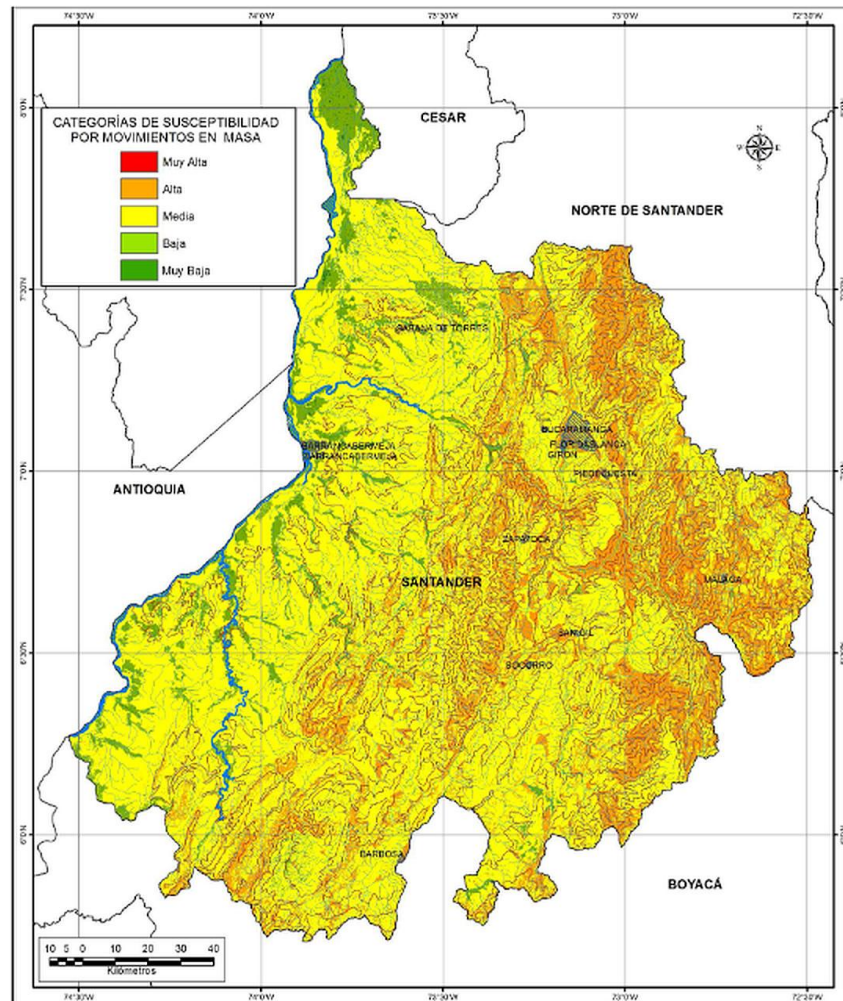
Con base en los antecedentes históricos y los datos recientes sobre esta problemática, resulta fundamental analizar la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000, ya que permite comprender las condiciones de inestabilidad del territorio y representa una herramienta clave para la planificación del desarrollo regional. De acuerdo con el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la mayor parte del territorio santandereano presenta una susceptibilidad media, que abarca el 74 % del área total y se distribuye por todo el departamento, predominando en los municipios de la franja occidental del valle medio del Magdalena. La susceptibilidad baja representa el 14 % del territorio y se encuentra en diferentes sectores, principalmente en áreas aledañas a ciénagas y cauces del río Magdalena, caracterizadas por su topografía plana. Por otro lado, la susceptibilidad alta ocupa el 11 % del área total, concentrándose en los municipios ubicados en las franjas sur, centro y oriente del departamento, dentro de la zona montañosa de la cordillera Oriental. Las categorías con menor representación en el territorio son la susceptibilidad muy baja (0,35 %), localizada en ciénagas y llanuras de inundación, y la susceptibilidad muy alta (0,03 %), que se encuentra en sectores escarpados del páramo del Almorzadero. (Peña et al., 2017).

En cuanto a la amenaza por movimientos en masa, la categoría con mayor presencia en el departamento es la amenaza alta, que cubre el 51,49 % del territorio, especialmente en la franja central y oriental, abarcando la región montañosa de la cordillera Oriental, incluyendo los páramos de Santurbán y Almorzadero. La siguiente categoría en extensión es la amenaza media (45,93 %), localizada en la franja occidental y norte del departamento, en el valle medio del Magdalena, donde se encuentran los valles de los ríos Lebrija, Sogamoso, Oponcito, Opón y Carare, caracterizados por sus pendientes suaves. La amenaza muy alta, con una cobertura del 2,52 %, se asocia a zonas montañosas como la serranía de Los Cobardes, el Alto San Miguel en Mogotes, La Cuchilla, El Contento y los cerros Morro Bajo de San Joaquín y de Armas en Landázuri, así como algunas áreas al oriente y suroccidente del departamento. La amenaza baja es la menos representativa, con solo el 0,05 % del territorio. (Peña et al., 2017). Como se observa en las Figuras 1 y 2.

Cabe destacar que los municipios con mayor porcentaje de su territorio bajo amenaza alta por movimientos en masa son Barichara (98 %), Villanueva (94 %), Oiba y Cabrera (93 %), El Carmen (91 %) y Jordán (90 %). En cuanto a la amenaza muy alta, los municipios más afectados son Chima (39 %), Hato (25 %), Guavatá y El Guacamayo (23 %), Contratación (22 %), así como San Joaquín y Jesús María (21 %). (Peña et al., 2017).

Figura 1.

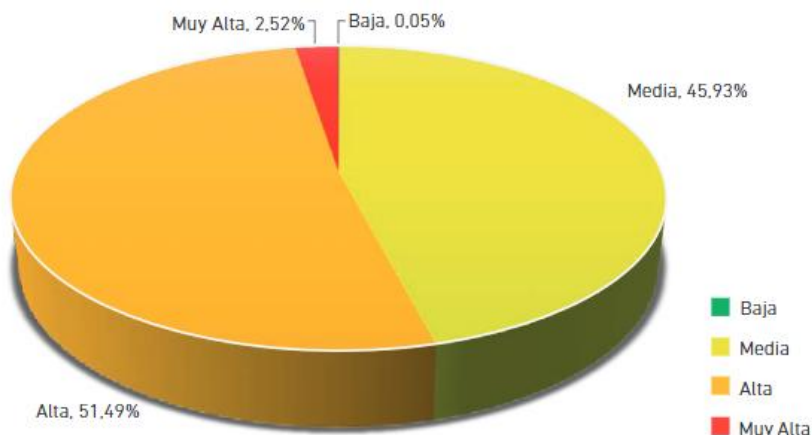
Mapa de Susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Santander.



Nota. Se utilizó la figura de Montero, (2017).

Figura 2.

Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Santander.



Nota. Se utilizó la figura de Montero, (2017).

3.2 Área de jurisdicción

La jurisdicción de la CDMB hace parte del nororiente del departamento de Santander, comprendiendo una superficie de 486.360 hectáreas, las cuales equivalen al 15,9% de la totalidad del Departamento. El área de influencia de la CDMB está integrada por los siguientes trece (13) municipios: Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Vetas, California, Suratá, Matanza, Charta, Tona, El Playón y Rionegro y Lebrija, que se dividen en tres subregiones, las cuales son:

El área metropolitana de Bucaramanga se establece como la primera subregión del área de jurisdicción de la CDMB, destacándose por su alta densidad de población urbana y una estructura económica funcional y diversificada. En esta subregión, sobresale el sector de la construcción como uno de los pilares económicos, acompañado por un importante desarrollo de empresas dedicadas a servicios públicos, salud, comercio, turismo, transporte y comunicaciones. Además, se observan áreas residenciales en expansión, incluidas parcelaciones y zonas suburbanas, junto

con infraestructuras estratégicas como el relleno sanitario El Carrasco y las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

La segunda subregión del área de jurisdicción de la CDMB, corresponde a la zona altoandina, conocida como Soto Norte, que abarca el territorio andino, altoandino y páramos en el sector nororiental del departamento. Esta área incluye los municipios de Suratá, California, Vetas, Matanza, Charta y Tona, cuyos asentamientos históricos datan de más de 400 años. Soto Norte se ha desarrollado principalmente en torno a la actividad minera, particularmente la extracción de oro y plata, que ha sido el eje económico y social en la configuración de la subregión. Este legado minero no solo define la economía local, sino también el uso del suelo y las dinámicas territoriales.

Finalmente, los municipios de El Playón, Rionegro, Lebrija y el corregimiento de Umpalá, en Piedecuesta, conforman la tercera subregión del área de jurisdicción de la CDMB, identificada como la zona baja. Esta subregión se caracteriza por la diversidad de sus paisajes y recursos hídricos, organizados en tres sectores principales: la cuenca baja del río Lebrija, el cañón del río Manco en la cuenca del río Chicamocha y La Azufrada, en el municipio de Lebrija, dentro de la cuenca del río Sogamoso. Estas áreas presentan dinámicas territoriales asociadas a actividades agropecuarias, manejo de recursos hídricos y asentamientos rurales dispersos, conformando una región clave para la economía agrícola y la conectividad de la región.

3.3 Geomorfología

En el área de estudio se identifican dos sectores claramente diferenciados. El primero corresponde al sector oriental de la Cuenca Superior del Río Lebrija, caracterizado por un relieve montañoso y abrupto. Por otro lado, el sector occidental presenta un relieve más suave, donde predominan plataformas niveladas conocidas como “mesas”. Estos dos sectores están separados por la Falla de Bucaramanga, una estructura tectónica con orientación NNO-SSE, que se extiende desde Los Curos, en el sur, hasta Portachuelo, en el norte, pasando por los límites orientales de los municipios de Rionegro, Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta. Esta configuración fisiográfica tiene una influencia significativa en los procesos geológicos que se desarrollan en cada sector (Calvache y Ruiz., 2015).

Sector Oriental: Este sector forma parte del Macizo de Santander y se extiende desde la Falla de Bucaramanga hacia el este, hasta alcanzar la región de páramos y la divisoria de aguas con la Cuenca del Río Manco. En términos altitudinales, el sector presenta una variación significativa, con cotas que oscilan entre los 800 y los 4,200 m.s.n.m. Su morfología abombada está profundamente disectada por corrientes de agua encajonadas. En esta área afloran rocas ígneas y metamórficas de edad predevónica, fuertemente meteorizadas, que cubren aproximadamente 97,500 hectáreas. Además, en ciertas zonas específicas, como Matanza, Suratá, California, Charta y desde el oriente de Tona hasta el sur del Alto del Picacho, se encuentran alrededor de 16,000 hectáreas de rocas sedimentarias del Cretácico. Estas características litológicas y topográficas reflejan la complejidad tectónica y erosiva del sector oriental (Calvache y Ruiz., 2015).

Sector Occidental: Localizado al oeste de la Falla de Bucaramanga, este sector incluye otra importante estructura tectónica, la Falla de Girón o Suárez-Río de Oro. Esta falla se extiende desde el sur, pasando cerca de Chocoa, y continúa hacia el norte paralela al Río de Oro, siguiendo su margen izquierda hasta intersectar con la Falla de Bucaramanga en un punto intermedio entre Rionegro y Bucaramanga. La Falla de Girón subdivide este sector en dos subsectores principales: la Mesa de Lebrija, ubicada al oeste, y la Terraza de Bucaramanga, al este. Este último subsector incluye a su vez la Mesa de Ruitoque y el valle del Río de Oro. Estas unidades geomorfológicas presentan características únicas que responden tanto a los procesos tectónicos asociados como a los eventos de sedimentación y erosión que han modelado el paisaje a lo largo del tiempo (Calvache y Ruiz., 2015).

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas reconocidas en área de estudio de acuerdo con la cartografía geomorfológica en escala 1:100.000 (Calvache y Ruiz., 2015). que se ilustraran en la Figura 3.

Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco): Geoforma en forma de cono o de lóbulos alomados bajos. Se originan por procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales, en suelos saturados y no saturados, están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a areno limo arcilloso. Esta unidad se observa en el municipio Bucaramanga.

Colina residual (Dcr): Elevación del terreno con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa a recta y pendiente inclinada a abrupta, con índice de relieve bajo a moderada. Estas geoformas son originadas por procesos tectónicos o por periodos de denudación cuya configuración se halla estrechamente ligada a los factores litológicos locales. Esta unidad se observa en el municipio Piedecuesta.

Escarpe de erosión menor (Deeme): Ladera abrupta o a desplome de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje. Esta unidad se observa en los municipios Lebrija y Floridablanca.

Loma denudada (Dld): Esta unidad se caracteriza por prominencias topográficas con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, de morfología alomada y elongada, con relieve relativo baja, de laderas cortas a muy cortas, de forma convexa, cuyas pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas. Su origen está asociado a procesos intensos de meteorización y de erosión diferencial. Esta unidad se observa en los municipios Lebrija y Girón.

Lomo denudado (Dlde): Corresponde a sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. Esta unidad se observa en el municipio Girón.

Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl): Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo menor de 250 m y la longitud del eje principal es mayor que 1.000 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico. Esta unidad se observa en los municipios Girón y Piedecuesta.

Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml): Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo entre 250 m y 1.000 m y la longitud del eje principal es mayor que 1.000 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. Esta unidad se observa en el municipio Girón.

Lomeríos disectados (Dldi): Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en U con fondo redondeado a plano. Se presentan movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional con superficie de falla poco profundos. Esta unidad se observa en los municipios Girón, Lebrija y Rio Negro.

Ladera erosiva (Dle): Corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas y surcos sobre materiales de suelo o roca. Estas laderas no necesariamente están asociadas a una geoforma mayor o una estructura. Esta unidad se observa en los municipios Bucaramanga y Lebrija.

Lomeríos muy disectados (Dlmd): Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas agudas a redondeadas estrechas, de laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes abruptas a escarpadas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la alta disección, generando valles en V. Estos lomeríos generalmente se encuentran en los bordes de altiplanos y frentes de erosión. En esta unidad los procesos que se presentan son movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional. Esta unidad se distribuye en la vereda la angula de Lebrija y Garagoa de Girón.

Mesa de Abanico (Dmab): Superficie aterrizada, plana o suavemente inclinada, limitada por laderas irregulares con pendientes altas. Su génesis es relacionada con el modelado producto de la acción de procesos de tipo denudativo y erosivo que actúan en los abanicos. Se encuentra en el municipio de Bucaramanga y la mayoría de la ciudad está construida sobre esta unidad.

Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo): Elevación del terreno con una altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local, de morfología colinada, laderas cóncavas o convexas suavemente inclinadas y con drenajes divergentes; estas formas deben su origen a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables dispuestas de manera horizontal o ligeramente inclinadas en sedimentos no consolidados. Esta unidad se observa en los municipios Girón, Lebrija y Rio Negro.

Planicie (Dp): Porción de terreno extensa, plana, no confinada, de posición baja y pendiente plana a suave, generalmente menor a 5°. Se destaca por presentar un sistema fluvial complejo, donde son frecuentes las difluencias de las corrientes. Esta unidad se observa al oriente del municipio de Lebrija y en ella se encuentra el aeropuerto Palonegro que sirve a la ciudad de Bucaramanga.

Sierra denudada (Dsd): Prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados debido al desgaste de las rocas. Su origen se asocia a procesos de erosión acentuada en sustrato rocoso homogéneo ígneo o metamórfico. Esta unidad se aflora en Bucaramanga.

Abanico aluvial (Faa): Superficie en forma de cono, de laderas cóncavas a convexas de morfología plana, aterrizada. Su origen es relacionado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial, donde una corriente desemboca en una zona plana. Los depósitos aluviales se depositan radialmente desde el ápice del abanico localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y de ancho. Esta unidad se aflora en Floridablanca y Piedecuesta.

Abanico aluvial incisado (Faai): Superficie en forma de cono, de morfología plana a aterrazada, suavemente inclinada, altamente incisada por la presencia de canales distribuidos radialmente, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar kilómetros de largo y ancho. Su génesis es relacionada con el modelado producto de la acción de procesos de tipo denudativo y erosivo que actúan en los abanicos. Esta unidad aflora en Girón.

Abanicos aluviales coalescentes no diferenciados, bajada (Fac): Superficie ondulada localizada en los frentes montañosos que se han formado por la unión de varios abanicos aluviales coalescentes, formando llanuras deposicionales de piedemonte o Bajadas. Presentan pendientes del orden de 1° a 5°, aunque pueden alcanzar 10° cerca de los ápices de los abanicos. Esta unidad aflora en Piedecuesta

Cono de deyección (Fcdy): Superficie en forma de cono en planta y de 5° - 10° de inclinación de decenas de metros de extensión, ubicados en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valles amplios. Se constituyen de tierras, arena y grava, en espesores, en donde los materiales más gruesos se localizan hacia el ápice en la zona de salida y los más finos en la zona distal. En regiones montañosas donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas que presentan una red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad. Se constituye de sedimentos finos producto de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial. Esta unidad geomorfológica se puede observar en Bucaramanga.

Terraza de acumulación (Fta): Plano elongado de morfología plana a suavemente ondulada y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma pareada a lo largo del cauce de un río al cual limitan por escarpes de altura variable. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro de antiguas llanuras de inundación, por donde fluye una corriente. Se constituyen de bloques, guijos, gravas, arenas, limos y arcillas, cuyo tamaño va disminuyendo a medida que se aleja del cauce del río. Esta unidad geomorfológica se puede observar en Girón y Floridablanca.

Escarpe de terraza de acumulación (Ftae): Plano vertical a sub vertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación. Su origen es relacionado a la incisión y profundización del cauce. La altura de los escarpes puede alcanzar desde pocos hasta decenas de metros. Esta unidad geomorfológica se puede observar en Bucaramanga, Lebrija, Girón y Floridablanca.

Terraza de acumulación antigua (Ftan): Esta unidad se localiza en la vereda Tierra Negra del municipio de Sotaquirá sobre depósitos aluviales; se define como una superficie alomada en forma de abanico de grandes extensiones, presenta pendientes suavemente inclinadas de los 5° a 10°, Su origen es relacionado a la disección y tetanismo de abanicos y planicies aluviales antiguas. Su depósito está constituido por gravas, arenas y arcillas.

Cornisa estructural (Scor): Saliente estructural u hombrera rocosa, tabular de morfología alomada suavemente inclinada. Se presenta a manera de repisa en laderas de contrapendiente generalmente irregulares a escalonadas. Su origen se debe a la acción conjunta de procesos estructurales y erosión diferencial en unidades duras y blandas. Esta unidad geomorfológica se puede observar al oriente de la falla del Suarez en el municipio de Zapatoca.

Espolón Faceteado (Sefc): Saliente natural que en conjunto conforma sierras colinadas que se desprenden de estructuras mayores las cuales corresponden a procesos de plegamiento, fallamiento y erosión diferencial sobre rocas de distinta competencia. Es producto de fallamiento inverso y de rumbo que generan truncamientos a manera de facetas triangulares. La forma predominante es colinada con laderas de pendiente inclinada a abrupta. Esta unidad geomorfológica se puede observar en Floridablanca, Bucaramanga y Rio Negro.

Espolón festoneado (Sefes): Laderas y crestas simétricas de morfología alomada cimas redondeadas dispuestas perpendicularmente al rumbo de las estructuras geológicas y que definen salientes cortas y largas. Las pendientes varían entre inclinadas a muy inclinadas con formas rectas y cóncavas. Están conformados por la alternancia de niveles duros y blandos de materiales que se encuentran profundamente disectados. Entre los entallamientos eventualmente se generan pequeños movimientos de tierras y flujos donde los suelos se encuentran saturados. En el área de

estudio se presentan al oriente de la falla de Bucaramanga en el municipio de Piedecuesta y al norte del casco urbano de Floridablanca.

Espolón (Ses): Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, se encuentra limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Desarrollan laderas festoneadas de longitudes cortas a muy cortas con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. Esta geoforma se localiza al norte del municipio de El Carmen en la vereda La Fortuna y en la vereda San Carlos al sur del municipio de San Vicente de Chucurí.

Gancho de flexión (Sgf): Espolón estructural de morfología alomada y en forma de gancho por efecto combinado del desplazamiento lateral y la incisión erosiva posterior a lo largo de una falla de rumbo. Esta unidad se encuentra en la margen derecha del Río Chicamocha al sur de la vereda Pescadero del municipio de Piedecuesta.

Lomos (Sl): Prominencias topográficas cuyo origen está relacionado con la acción conjunta de procesos tectónicos moderados a intensos y periodos de meteorización y denudación en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Se caracteriza por ser un sistema con índice de relieve bajo, cimas alargadas, de topes agudos a redondeados que siguen la tendencia estructural regional, laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes inclinadas a abruptas. Esta unidad se encuentra en franjas alargadas de dirección SW-NE y SE – NW al occidente y sur oriente del casco urbano del municipio de Piedecuesta.

Ladera estructural (Sle): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros). Se observa en las veredas Portugal y Nuevo Mundo del municipio de Zapatoca.

Lomos de falla (Slf): Cerro elongado de morfología alomada, de laderas cortas a muy cortas, de forma convexa y con pendientes abrupta a escarpadas, localizados a lo largo de una falla de

rumbo, y formados por el efecto combinado del desplazamiento lateral y el plano de falla, los cuales determinan la expulsión hacia arriba de un bloque de terreno. Se caracteriza por su alto fracturamiento y estructuras en forma de flor positiva. Se asocia a rocas muy fracturadas. En el área de estudio se presenta como un cuerpo alargado de dirección norte sur en la vereda el Triunfo del municipio de Girón.

Escarpe de línea de falla (Slfe): Escarpe cuya ladera es corta a muy corta, de pendiente abrupta, cóncava o convexa, originado por erosión acentuada a lo largo de una línea de falla definida por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas. Esta geoforma se presenta en sectores aislados de la plancha 120 como laderas rectas y cortas muy inclinadas, asociadas a las fallas satélites de la falla de Bucaramanga, a la falla del Suarez y a otras fallas menores al sur del casco urbano del municipio de San Vicente de Chucuri.

Lomo de obturación (Slo): Prominencia topográfica de morfología alomada que ha sido desplazada lateralmente por fallamiento de rumbo y ocasiona un bloqueo parcial o total de una corriente de agua. Esta geoforma se encuentra en occidente del municipio de Zapatoca donde quebradas afluentes de la quebrada Agua Blanca cambian su dirección de oeste – Oriente a noreste en una longitud aproximada de 1 Km, para nuevamente tomar dirección hacia el SE.

Meseta estructural (Sm): Geoforma de cima plana limitada por escarpes abruptos a muy abruptos, de longitud muy corta y de formas convexas, originadas por procesos de erosión diferencial de rocas estratificadas horizontales o con inclinaciones menores a 5°. Puede asociarse a diversos ambientes morfogenéticos como a plataformas arrecifales subrecientes, a procesos coluviales estabilizados y al desarrollo de dolinas por disolución de rocas carbonatadas. Esta unidad geomorfológica se encuentra en el departamento de Santander, especialmente en la Mesa de Los Santos, la mesa de Ruitoque y en zonas del municipio de Lebrija (plancha 120), bordeando la estructura sinclinal de Nuevo Mundo; también se identifica en el sector sur de la Sabana de Bogotá, cerrado del sinclinal de Usme.

Escarpe de meseta (Sme): Ladera de longitud corta a moderada de pendientes inclinadas a escarpadas y localmente escalonadas, las cuales se encuentran definidas por la horizontalidad de rocas duras en el tope y blandas hacia la base dispuestas en favor o en contra de la pendiente natural

del terreno. Esta unidad geomorfológica se encuentra en la vereda Uribante (Hacienda El Hato), municipio de Villa Caro (Plancha 97); también está registrada en pendientes de la Formación La Paz en el sur de San Vicente, cerca de la presa del río Sogamoso (Plancha 120); y en zonas de Bucaramanga, en quebradas como Agua Linda, El Porvenir y Mejía (Plancha 65).

Sierra anticlinal (Ssan): Sierra elongada de morfología colinada a alomada de cimas o crestas agudas o redondeadas, que siguen el eje anticlinal formado por el arqueamiento o combadura de los estratos o capas que se inclinan divergentemente a partir de su eje. Conforman laderas estructurales inclinadas a muy abruptas, rectas o convexas. Esta unidad geomorfológica se encuentra en el municipio de Girón.

Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc): Ladera de sierra homoclinal generalmente desnuda, definida por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente, es de longitud moderada a corta, de formas cóncavas, escalonada, festoneada a irregular y con pendientes abruptas a escarpadas. Esta unidad geomorfológica se encuentra en el municipio de Río negro y Lebrija.

Ladera Estructural de Sierra Homoclinal Desnuda (Sshle): Geoforma definida por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente ($> 35^\circ$), de longitud corta a moderadamente larga, con formas rectas a convexas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas. A estas geoformas se asocia el desarrollo de espolones estructurales por efecto de procesos erosivos diferenciales intensos, definidos por un drenaje subparalelo, profundo, que disecta las laderas, afectadas en su base por fallamiento. Esta unidad geomorfológica se encuentra en el municipio de Río negro

Sierras y lomos de presión (Sslp): Prominencias topográficas montañosas o alomadas localmente curvas, formadas por plegamiento intenso, verticalización de secuencias sedimentarias, asociados a fallamiento inverso generado en la zona de transpresión de una falla de rumbo o trascurrente. Esta unidad geomorfológica se encuentra en el municipio de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta.

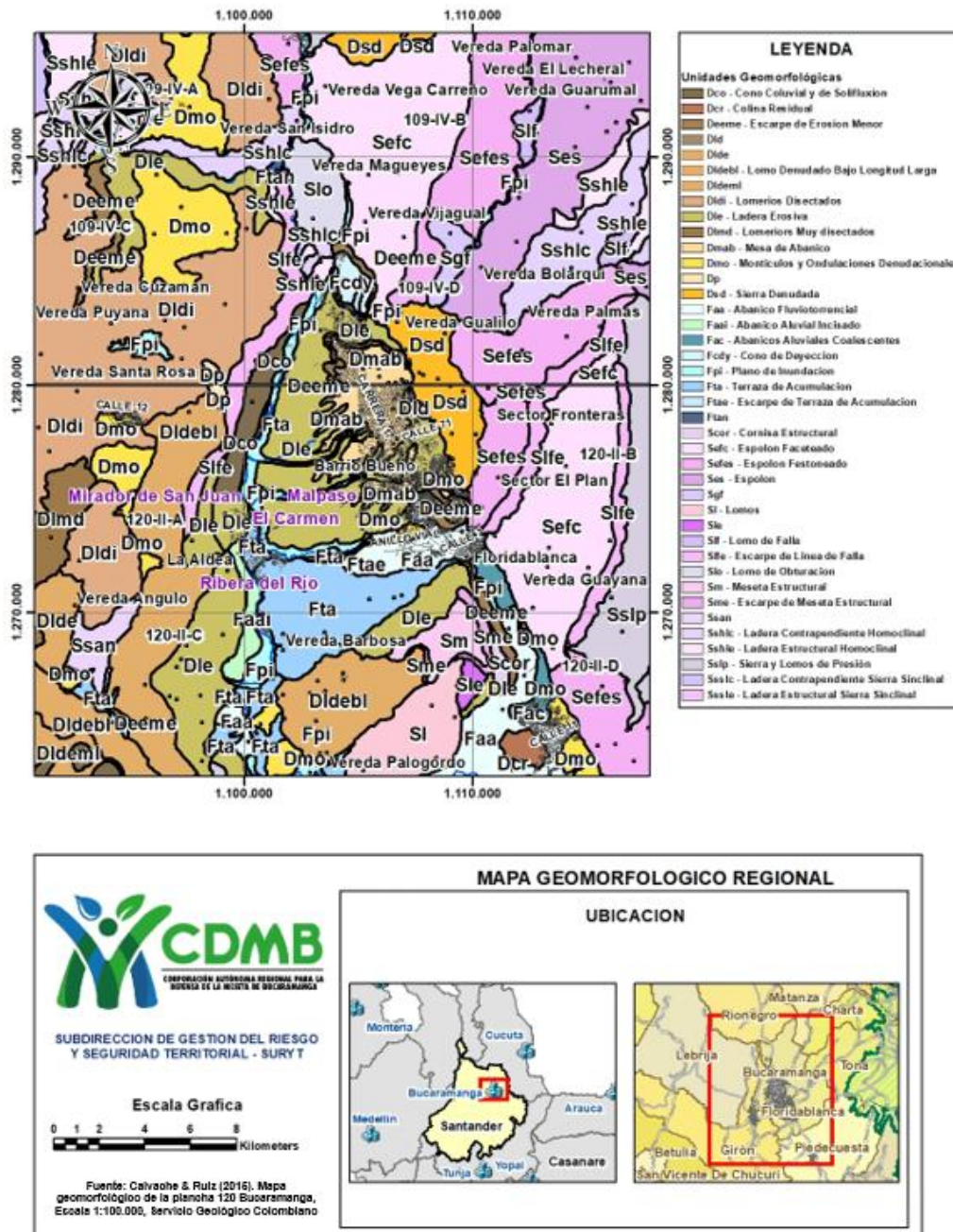
Ladera de contrapendiente sierra sinclinal (Ssslc): Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a

escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una estructura sinclinal. Esta unidad geomorfológica se encuentra en los cierres sinclinales próximos a la presa del río Sogamoso y en las veredas Barro Amarillo y Llana Caliente del municipio de San Vicente, Santander.

Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle): Superficie definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas, relacionada al flanco de una estructura sinclinal. Esta unidad geomorfológica se encuentra en San Vicente de Chucurí, Zapatoca, Floridablanca y Bucaramanga.

Figura 3.

Mapa geomorfológico regional 1:100000 del área de jurisdicción de la CDMB.



Nota. Se utilizó la plancha número 120 del Servicio Geológico Colombiano y la geomorfología de Calvache y Ruiz (2015).

3.4 Geología ambiental

De acuerdo (Peña et al., 2017) hay más de 500 municipios del país en donde la confluencia de las condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas y de ocupación y uso del suelo, potencializan la generación de movimientos en masa. En Colombia el 88%, según (Díaz et al., 2018) los desastres están relacionados con fenómenos hidrometeorológicos, destacándose las inundaciones (35%) y los deslizamientos de tierra (15%). Las pérdidas derivadas de estos eventos aumentan durante los periodos de La Niña (1999-2000, 2008-2009, 2010-2011) y El Niño (2015-2016). En 1998 se registraron 508 eventos, mientras que en 2016 la cifra subió a 3.076 (Díaz, et al., 2018).

En Santander, el 39% de la población, es decir, más de 800,000 personas, vive en zonas de alto riesgo, de las cuales el 34% se considera vulnerable (Díaz et al., 2018). Sin embargo, Bucaramanga ocupa el segundo lugar en Colombia en términos de capacidad para gestionar desastres naturales, después de Bogotá, y por delante de Barranquilla y Medellín. En contraste, Floridablanca se encuentra en el puesto 79 (8.4%) entre los municipios más vulnerables de Santander (Díaz et al., 2018). En los últimos años, Santander ha experimentado múltiples eventos de movimientos en masa, principalmente en zonas con pendientes pronunciadas y suelos residuales. Según estudios de (Peña et al., 2017). estos eventos son recurrentes debido a las condiciones geológicas de la región, caracterizadas por materiales fracturados, alta pluviosidad y actividad sísmica frecuente.

Factores que favorecen los movimientos en masa en Santander:

Geología: La región presenta suelos residuales altamente susceptibles a deslizamientos. Según estudios, el 82% de estos movimientos ocurren en pendientes entre 10° y 25°, mientras que el 18% afecta unidades de roca más resistentes. (Peña et al., 2017).

Pendiente y geomorfología: La topografía abrupta de la cordillera Oriental hace que Santander sea propenso a deslizamientos, caídas de rocas y flujos de detritos. (Peña et al., 2017).

Lluvias e hidrología: La infiltración de agua en el terreno aumenta su peso y disminuye la resistencia del material, facilitando los deslizamientos. (Peña et al., 2017).

Actividad humana: Excavaciones sin estudios geotécnicos, deforestación y construcción en zonas inestables contribuyen a la inestabilidad del terreno. (Peña et al., 2017).

3.5 Movimiento en masa

Los movimientos en masa son fenómenos naturales que forman parte de los procesos que modelan el relieve de la Tierra. Estos ocurren debido a una combinación de factores geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que afectan la superficie terrestre. En áreas de la jurisdicción de la CDMB se evidencian amenazas naturales que impactan a las comunidades, entre ellas los movimientos en masa por erosión de los taludes. Las fuertes lluvias que se lleguen a presentar en un determinado momento, junto con la presencia de abundantes rellenos antrópicos de basura, han generado una sobrecarga en áreas donde las personas suelen vivir, tales como: los escarpes, laderas, coluviones y taludes, lo que aumenta significativamente el riesgo de deslizamiento. Esta situación es una amenaza para las comunidades, especialmente cuando existen fracturas y grietas tensionales en los terrenos con alta saturación de agua, además de deslizamientos que se han presentado a lo largo del tiempo.

Según la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) *“clasifica los movimientos en masa dentro de su gestión de riesgo y prevención de desastres. Estos fenómenos incluyen deslizamientos, caídas de rocas y avalanchas de tierra, que pueden ser desencadenados por factores como lluvias intensas, sismos, erosión del suelo y actividades humanas mal planificadas”*.

Dentro de sus recomendaciones para mitigar los efectos de los movimientos en masa, la CDMB sugiere *“fortalecer los sistemas de vigilancia y control para identificar y delimitar zonas vulnerables, así como implementar sistemas de alerta temprana. También enfatiza la importancia del cumplimiento de normas de uso del suelo y el mantenimiento de infraestructuras en buen estado para reducir la susceptibilidad al colapso”*

4. Metodología

Para un buen desarrollo de la practica en la corporación y el cumplimiento de los objetivos se plantearon y realizaron las siguientes etapas.

4.1 Fase 0: Preparación: El objetivo de esta etapa inicial fue elaborar el plan de trabajo para el grado, estableciendo en las reuniones con el tutor las tareas a desarrollar dentro de la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT), además de definir los formatos técnicos para los informes y software SIG a emplear.

4.2 Fase 1: Recolección y análisis de datos geológicos: Esta fase se basa en la recolección y análisis de datos geológicos relevantes para describir amenazas naturales en las áreas de estudio. Se utilizaron herramientas geoespaciales básicas, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para realizar un análisis detallado de las amenazas territoriales. Las actividades incluyeron la toma de información en Google Earth y visitas de campo supervisadas para identificar fenómenos como deslizamientos, erosión e inundaciones. Además, se generaron informes técnicos detallados utilizando los formatos de la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT).

4.3 Fase 2: Apoyo en la recopilación de datos geológicos y geotécnicos para soluciones de mitigación: Durante esta fase, se apoyó en la recopilación de datos geológicos y geotécnicos necesarios para la elaboración de soluciones geotécnicas preliminares. Este proceso estuvo bajo la supervisión de los coordinadores de la entidad. Se garantizó que la información recopilada fuera relevante para la formulación de estrategias de mitigación de amenazas naturales, enfocándose en el análisis de datos geotécnicos, así como en la elaboración de recomendaciones para futuras intervenciones.

4.4 Fase 3: Seguimiento y evaluación de soluciones geotécnicas: Se participó activamente en el seguimiento y análisis de la efectividad de las soluciones geotécnicas implementadas en proyectos de estabilización de terrenos. Se llevó a cabo una recolección continua de datos para evaluar los avances y resultados de las soluciones en el terreno. Además, se realizó un análisis de las intervenciones previas que permitió identificar oportunidades de mejora y se generaron informes periódicos con los resultados obtenidos.

4.5 Fase 4: Visitas de campo y monitoreo de obras geotécnicas: En esta fase, se realizaron visitas de campo para monitorear las obras de estabilización de terrenos, recopilando datos sobre el progreso de las intervenciones. Se colaboró en la revisión de los informes técnicos con la ayuda de ingenieros civiles, ambientales y forestales en la recopilación de información sobre el avance de las obras, asegurando que se cumpla con los plazos y requisitos establecidos. A través de un seguimiento detallado y la recopilación de datos, se brindó un soporte continuo a las actividades de estabilización de terrenos.

5. Resultados

Para cumplir con todos los objetivos planteados, se implementó una metodología estructurada en cinco fases, iniciando con la fase cero y concluyendo con la fase cinco. Cada fase corresponde a un objetivo específico, con excepción de la fase cero, la cual se enfocó en la preparación e inducción a las actividades prácticas. Esta etapa inicial tiene como propósito proporcionar el contexto necesario para ejemplificar adecuadamente los resultados obtenidos en cada objetivo.

5.1 Fase 0, tareas a realizar y establecimiento de la estructura de los informes:

Esta fase se centra en definir las tareas a realizar y establecer la estructura de los informes, considerando el Sistema de Información Geográfica (SIG) a utilizar, en este caso, ArcGIS. En las Figuras 4 y 5 se muestra el contenido interno del informe. Es importante señalar que el enfoque es en las características geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, zonificación ambiental y el análisis de amenazas.

Figura 4.

Distribución de formato de informe de visitas oculares de la CDMB (parte 1).


		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA - CDMB		
		ELABORÓ: SUBDIRECTOR(A) SURYT	REVISÓ: DELEGADO DIRECCIÓN SIGC	APROBÓ: DIRECTOR(A) GENERAL
Código: M-RA-F003	Versión: 5	INFORME DE VISITA TÉCNICA PARA GESTIÓN DEL RIESGO		

1. GENERALIDADES
1.1. SERVIDOR QUE REALIZA LA VISITA
NOMBRE COMPLETO: CARGO: DEPENDENCIA:
1.2. FECHA
FECHA DE LA VISITA REALIZADA: FECHA EN QUE SE GENERA EL INFORME:
1.3. LOCALIZACIÓN
COORDENADAS: DIRECCIÓN: DESCRIPCIÓN: ANEXOS: FIGURAS DE LOCALIZACIÓN SI SE REQUIEREN
1.4. MOTIVO DE LA VISITA
<i>IMPORTANTE IDENTIFICAR EL NÚMERO DEL MEMORANDO, RADICADO Y/O SOLICITUD QUE MOTIVA LA VISITA (Ejemplo: Visita de seguimiento, Atención a radicado, Acompañamiento y/o apoyo a otras dependencias de la entidad, Administraciones Municipales y/o Concejos de Gestión del Riesgo)</i>
1.5. ANTECEDENTES
<i>(Ejemplo: Visitas que se hayan realizado con anterioridad al mismo lugar, eventos dañinos ocurridos, preexistencia de estudios y/o diagnósticos)</i>
2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EVIDENCIADA
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS / GEOMORFOLÓGICAS / GEOTÉCNICAS / AMBIENTALES

Nota. Tomado de la CDMB.

Figura 5.

Distribución de formato de informe de visitas oculares de la CDMB (parte 2).

		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA - CDMB		
		ELABORÓ: SUBDIRECTOR(A) SURYT	REVISÓ: DELEGADO DIRECCIÓN SIGC	APROBÓ: DIRECTOR(A) GENERAL
Código: M-RA-F003	Versión: 5	INFORME DE VISITA TÉCNICA PARA GESTIÓN DEL RIESGO		
4. ZONIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE AMENAZA				
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES				
<i>(Es importante que se dé claridad sobre las entidades competentes por normativa de implementar las recomendaciones sugeridas)</i>				
<i>Proyecto aspectos técnicos:</i>	<i>Nombre</i> <i>Profesión y/o Numero de Contrato</i>			<i>Firma</i>
<i>Proyecto aspectos geológicos:</i>	<i>Nombre</i> <i>Profesión y/o Numero de Contrato</i>			<i>Firma</i>
<i>Vo. Bo.</i>	<i>Nombre</i> <i>Coordinador Grupo de Gestión del Riesgo</i>			<i>Firma</i>

Nota. Tomado de la CDMB.

5.2 Fase 1, ubicación del lugar afectado por amenazas y reportes de casos:

En la fase uno (1) se usa Google Earth y ArcGis para adquirir información acerca de la ubicación del lugar afectado por amenazas naturales, así mismo para todas las fases, se implementa el uso de información de ciertos autores como: Clavijo y Royero., 2001; Ward *et. al.*, 1973; Rodríguez *et. al.*, 2017; POMCA CDMB., 2018; Calvache y Ruiz., 2015. los cuales se profundizan para describir cada una de las características mencionadas en la fase cero (0).

A continuación, se evidencian varios informes donde se aplica la fase uno (1).

Otros sectores evaluados en esta etapa incluyen: Vereda Barbosa, Chimita Girón, Cenfer, transito de Bucaramanga, La rinconada, Laguada de Seferino, Nueva Colombia, Nuevo Girón, Piedra Parada, Vereda balcones de ruitoque, Barrio Recreo, San Miguel, Vereda Acapulco, Vereda Carrizal, Vereda los Gauchos y Villa Sandra, cuyos informes técnicos hacen parte de esta fase.

5.2.1 Informe Charta (Deslizamiento):

La figura 6, 7 y 8 pertenecen a un punto de visita en el municipio de Charta, Santander que es afectado por un deslizamiento.

Coordenadas: 7°13'56" N 73°1'38" W

Figura 7.

Imagen satelital con detalle del punto afectado.

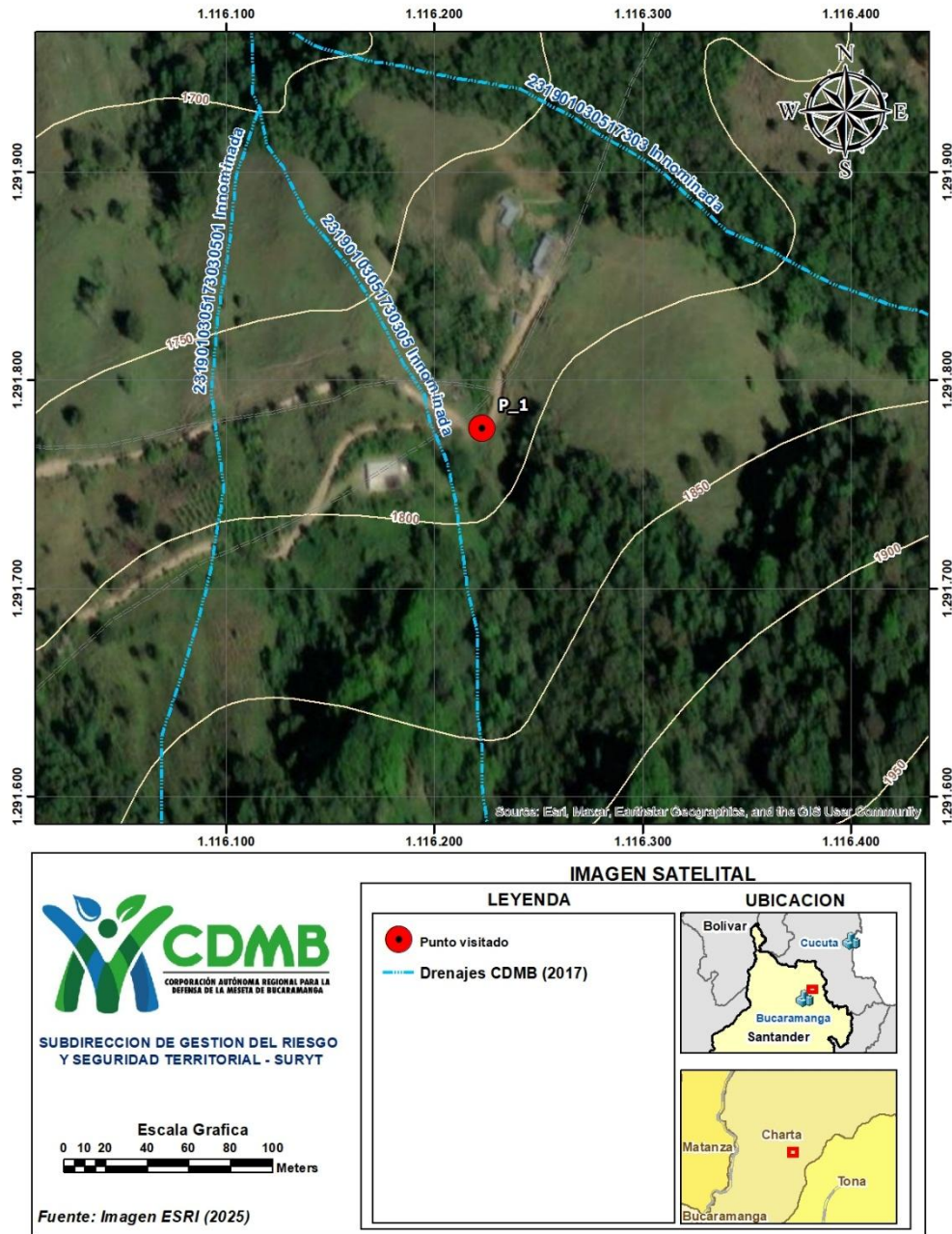


IMAGEN SATELITAL

CDMB
COOPERACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA
DEFENSA DE LA TIERRA DE BUCARAMANGA

SUBDIRECCION DE GESTION DEL RIESGO
Y SEGURIDAD TERRITORIAL - SURYT

Escala Grafica

0 10 20 40 60 80 100
Meters

Fuente: Imagen ESRI (2025)

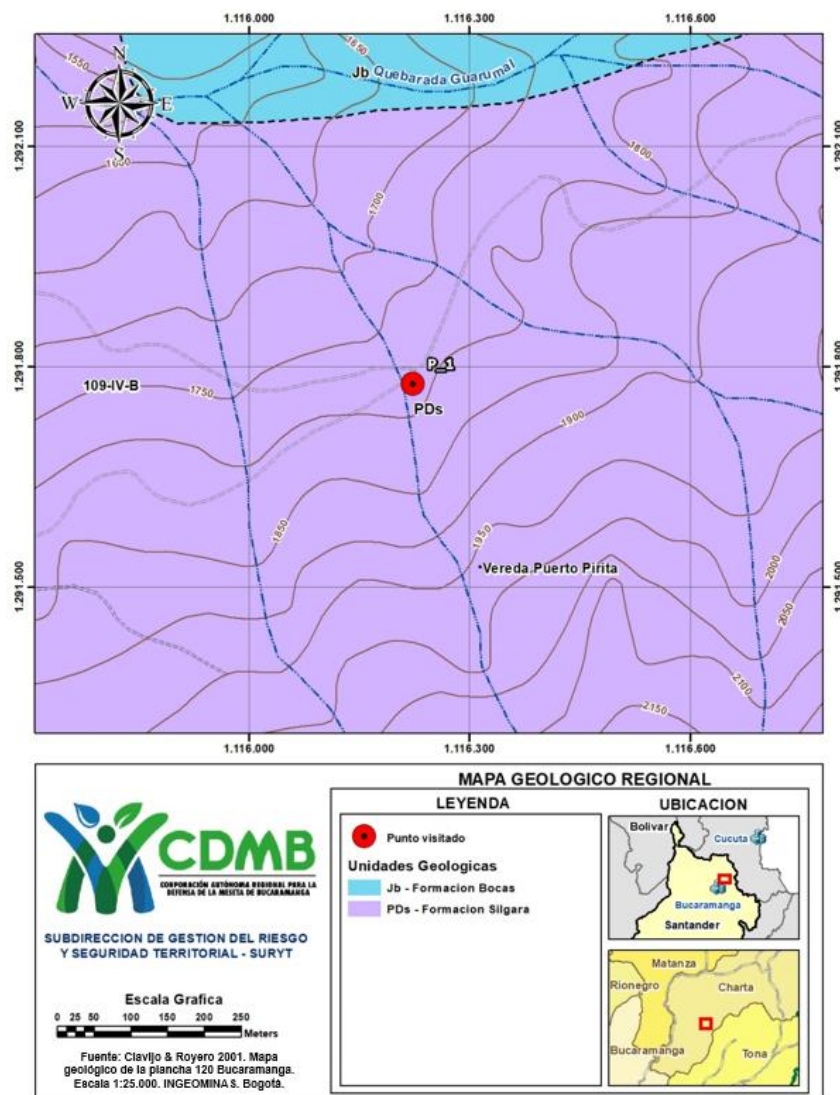
LEYENDA	UBICACION
<ul style="list-style-type: none"> ● Punto visitado - - - Drenajes CDMB (2017) 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">BOLIVAR</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">SANTANDER</p> </div>

Nota. Tomado de Imagen ESRI (2025).

En las figuras 6 y 7 podemos concluir que el punto afectado se encuentra en una zona con alta cobertura vegetal, es decir, es zona rural. Se observa un asentamiento muy cerca el cual puede verse afectado por el deslizamiento ocurrido y un drenaje que puede ser causante de erosión.

Figura 8.

Mapa geológico regional del área de estudio 1:100.000 del área de estudio caso Charta.



Nota. Mapa geológico de la plancha 109 Rionegro de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero (2001).

La Formación Silgará (PDs) es una unidad litológica metamórfica que se encuentra en el macizo de Santander, en la cordillera Oriental de Colombia. está compuesta por rocas metamórficas de bajo a medio grado, originadas durante el Cámbrico-Ordovícico. Es una secuencia metasedimentaria con estratificación cíclica, formada por filitas, esquistos (cuarzo-micáceos y anfibólicos), cuarcitas con láminas oscuras, metalimolitas, metaareniscas, y en menor cantidad pizarras y metapelitas calcáreas. Estas rocas han sufrido un metamorfismo regional correspondiente a las facies de esquistos verde y anfibolita baja. (Clavijo y Royero 2001).

Lo que hace referencia a que la presencia de rocas foliadas como filitas, esquistos y pizarras, junto con la estratificación cíclica y la orientación preferencial de minerales (como micas y cloritas), favorece planos de debilidad estructural. Estas características geológicas incrementan la susceptibilidad a deslizamientos, especialmente cuando las estructuras están inclinadas en la misma dirección del talud, se presentan saturaciones por agua o se da intervención antrópica. Además, el grado de metamorfismo bajo facilita la meteorización, reduciendo la cohesión y estabilidad de los materiales.

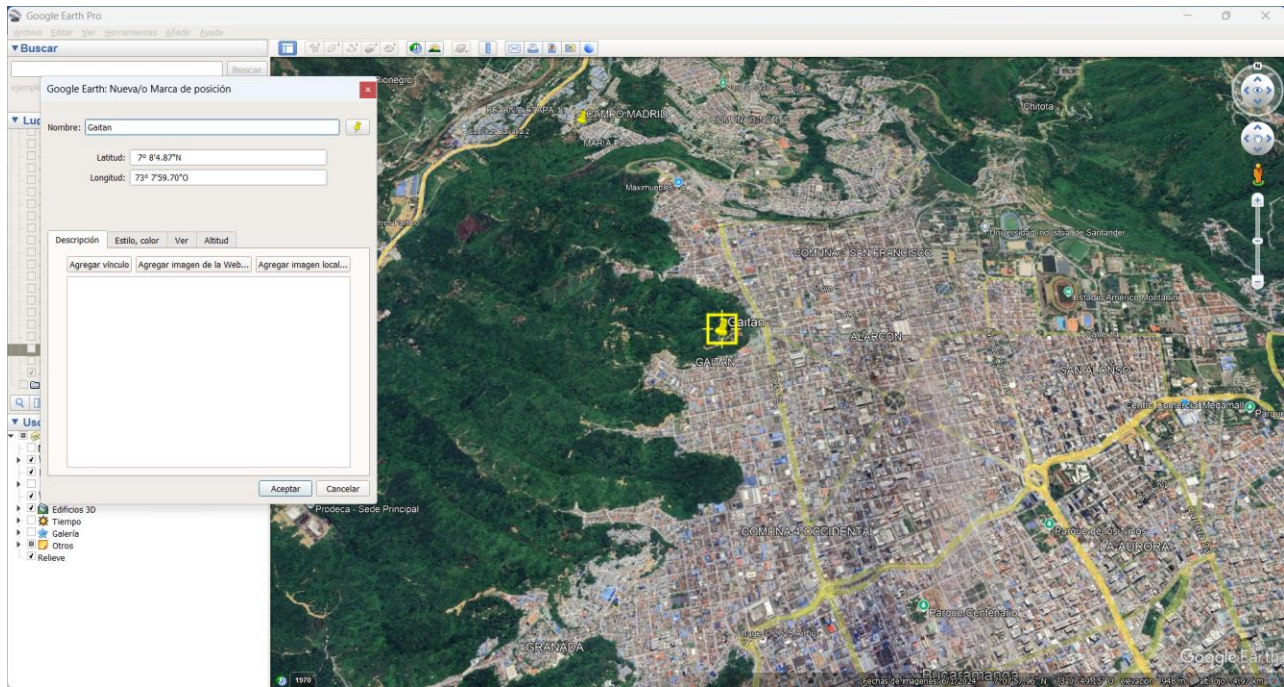
5.2.2 Informe Gaitán (escarpe con invasión y drenaje erosivo):

Las figuras 9, 10 y 11 pertenecen a un punto de visita en el municipio de Bucaramanga, Santander que es afectada por erosión.

Coordenadas: 7° 8'4.87"N 73° 7'59.70"O

Figura 9.

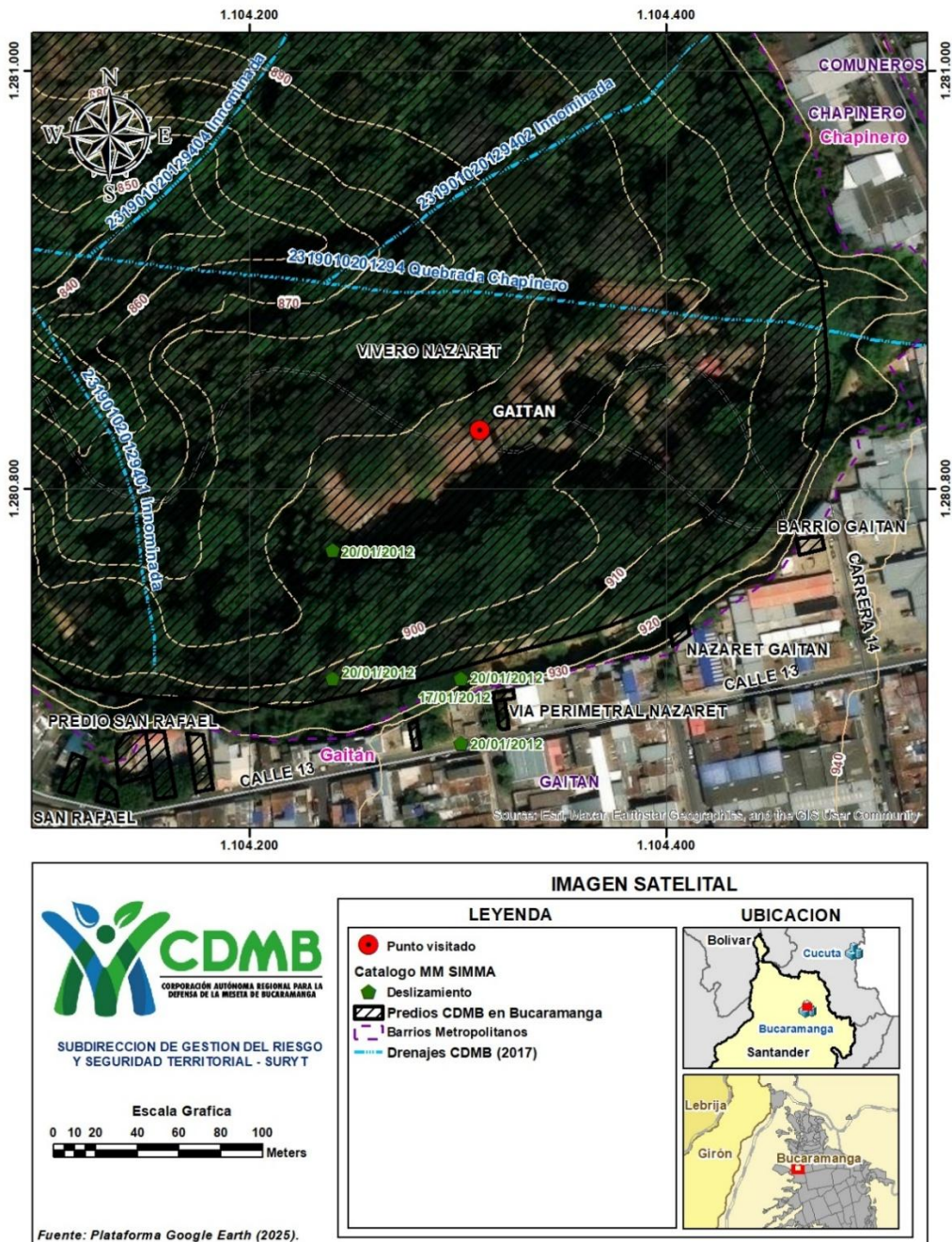
Coordenadas del punto afectado por erosión



Nota. Tomada de Google Earth.

Figura 10.

Imagen satelital con detalle del sector visitado.

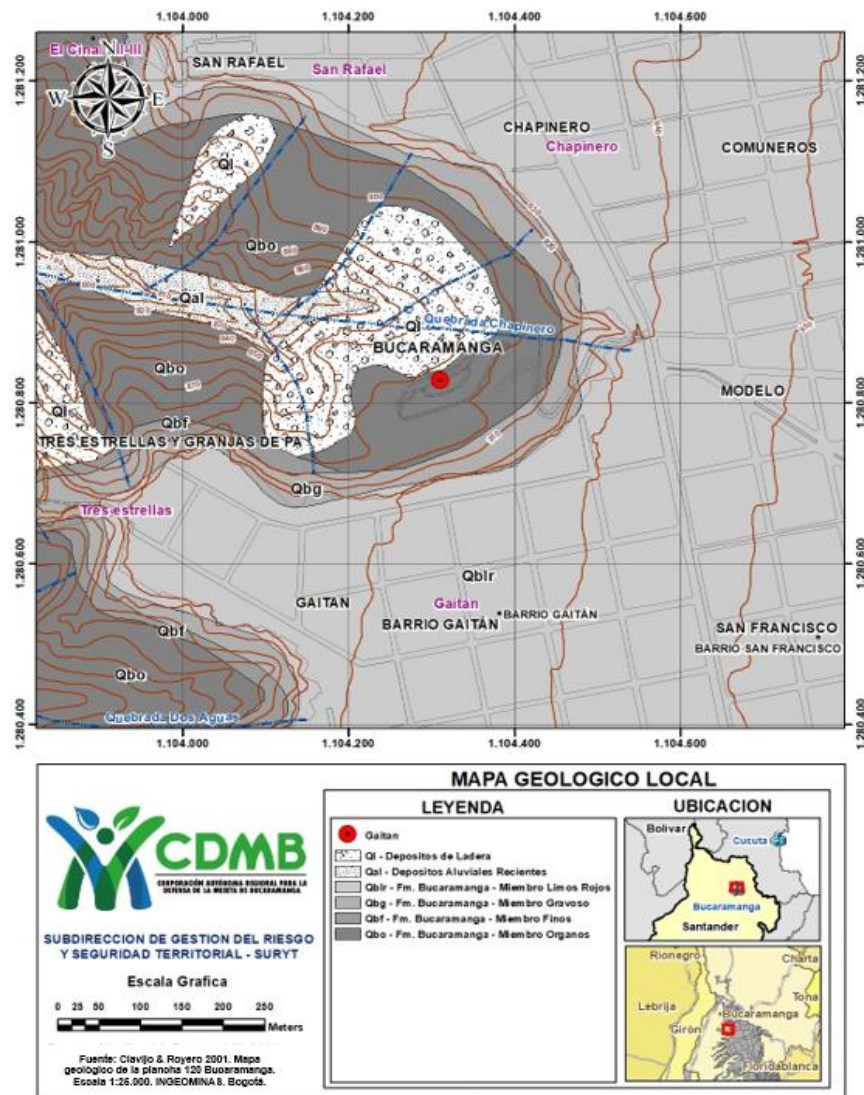


Nota. Tomado de Google Earth (2025).

En las figuras 9 y 10 se muestra una zona rural compuesta por predios pertenecientes a la CDMB, los cuales han sido invadidos. Es una zona de escarpe con presencia de un drenaje que puede ocasionar erosión.

Figura 11.

Mapa geológico local del área de estudio 1:25.000 del área de estudio. Caso barrio Gaitán.



Nota. Se utilizó la plancha número 120 Bucaramanga de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero (2001).

La unidad “formación Bucaramanga”, exactamente la zona donde muestra la figura 11 es afectada por erosión.

La Formación Bucaramanga es un depósito sedimentario de origen cuaternario, no consolidado, sobre el cual se asienta la ciudad de Bucaramanga. Corresponde morfológicamente a un abanico aluvial erosionado que se formó en una depresión tectónica, probablemente por sedimentos transportados por el río Suratá. Su origen es fluvial, con una alternancia de depósitos provenientes de conos de deyección, flujos de escombros, canales y zonas lacustres. La formación está estratificada en varios miembros desde su base hasta su parte superior:

El Miembro Órganos (Qbo) es una unidad de hasta 180 m de espesor, compuesta por gravas y arenas con matriz arcillosa, y cantos variados de rocas sedimentarias e ígneas. Se formó en la parte proximal y media del abanico aluvial de Bucaramanga, con depósitos de flujos de escombros y canales. Es altamente erosionable, lo que favorece la formación de cárcavas y “tierras malas”. Se le atribuye una edad del Pleistoceno Medio. (Clavijo y Royero, 2001).

Como resultado la Formación Bucaramanga, al estar compuesta por materiales sedimentarios inconsolidados como gravas, arenas y limos con matriz arcillosa, presenta una alta susceptibilidad a la erosión hídrica, especialmente en condiciones de escasa cobertura vegetal como lo es en este caso el escarpe del barrio Gaitán y fuerte escorrentía superficial. Esta vulnerabilidad se acentúa por la variabilidad textural de sus depósitos y la acción antrópica, como la urbanización no planificada y el mal manejo del drenaje. Como resultado, se desarrollan procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y paisajes degradados conocidos como tierras malas o estoraques. Estas condiciones no solo deterioran la estructura del suelo, sino que también aumentan el riesgo de movimientos en masa, afectando la estabilidad del terreno y la seguridad de las zonas habitadas o intervenidas.

5.2.3 Informe Mensulí (erosión e inundación):

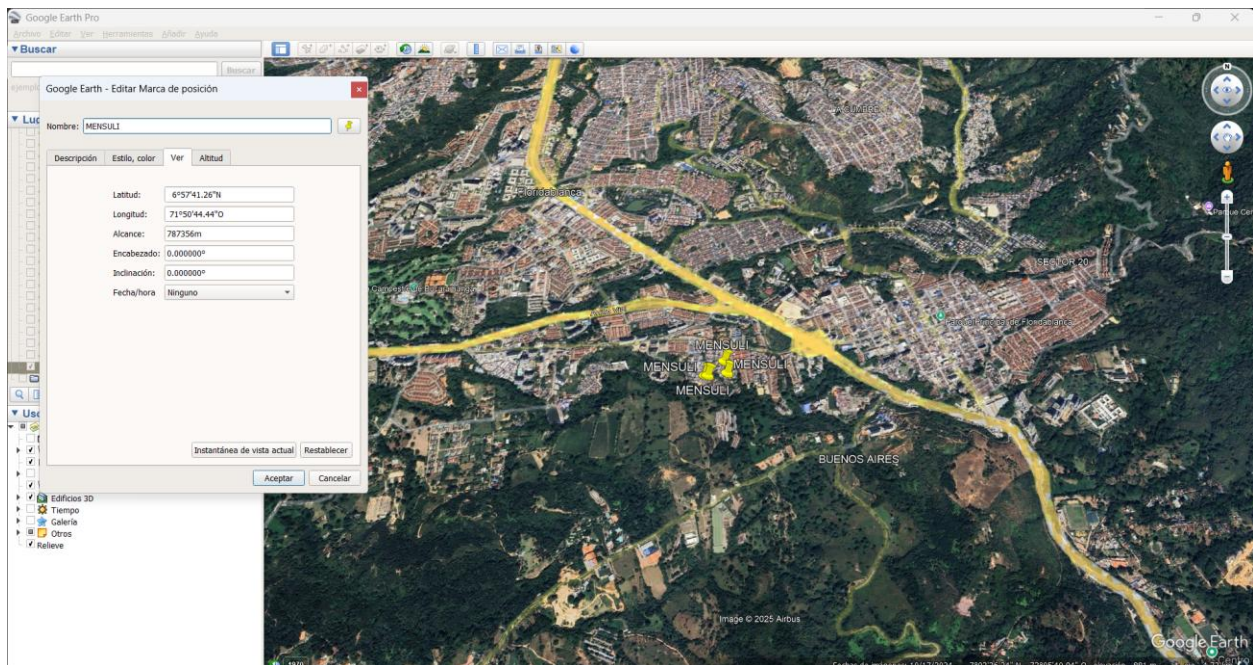
Las figuras 12, 13, 14 y 15 pertenecen a un punto de visita en el municipio de Floridablanca, Santander que es afectada por erosión e inundación.

Coordenadas:

- 7°03'32.67"N 73°05'50.60"O
- 7°03'32.67"N 73°05'51.08"O
- 7°03'35.17"N 73°05'47.74"O
- 7°03'32.87"N 73°05'47.17"O

Figura 12.

Coordenadas del punto afectado por erosión e inundación

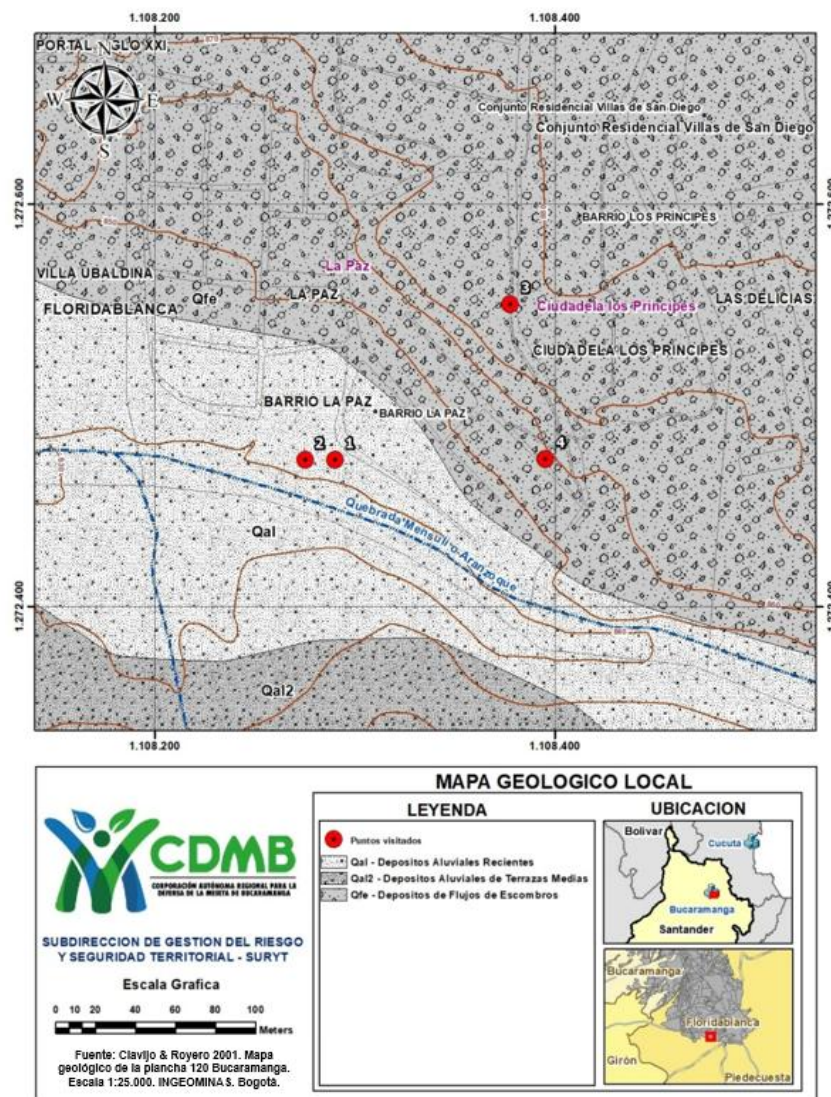


Nota. Tomado de Google Earth.

En las figuras 12 y 13 se evidencia una zona urbana compuesta por construcciones, vías y existe un drenaje (Quebrada la Estancia Mensulí) el cual causa problemas de inundación con el tiempo, debido a las lluvias y a la erosión de este mismo por el flujo de corriente.

Figura 14.

Mapa geológico del área de estudio 1:25.000 del área de estudio caso Mensulí.



Nota. Se utilizó la plancha número 120 Bucaramanga de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero (2001).

Los Depósitos Aluviales de Terrazas Bajas (Qal) están compuestos por arenas, arenas limosas y gravas con cantos subredondeados a redondeados de origen cuarzoso, ígneo y metamórfico. Representan niveles máximos de inundación por crecientes extraordinarias actuales. En Floridablanca (barrios Bucarica y Lagos II), estos depósitos se formaron recientemente por flujos torrenciales y de escombros provenientes del río Frío.

Los Depósitos de Flujo de Escombros (Qfe) se localizan en el piedemonte oriental entre Floridablanca y Piedecuesta. Tienen origen aluvial torrencial y pluvial gravitacional, y provienen de la denudación del Macizo de Santander. Forman abanicos y conos de deyección compuestos por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas, con tamaños de grava y bloque en una matriz areno-limosa. (Clavijo y Royero, 2001).

Esto indica que los Depósitos Aluviales de Terrazas Bajas (Qal) y los Depósitos de Flujo de Escombros (Qfe) constituyen evidencias de procesos activos de modelado del relieve vinculados a la dinámica fluvial y gravitacional. Los Qal representan acumulaciones recientes de sedimentos mal seleccionados tales como las arenas, limos y gravas, depositados en zonas de topografía relativamente plana, asociadas a eventos de inundación extrema que superan la capacidad de los cauces actuales, generando superficies de terraza en niveles bajos. Su composición clastosoportada con fragmentos subredondeados sugiere transporte fluvial de alta energía.

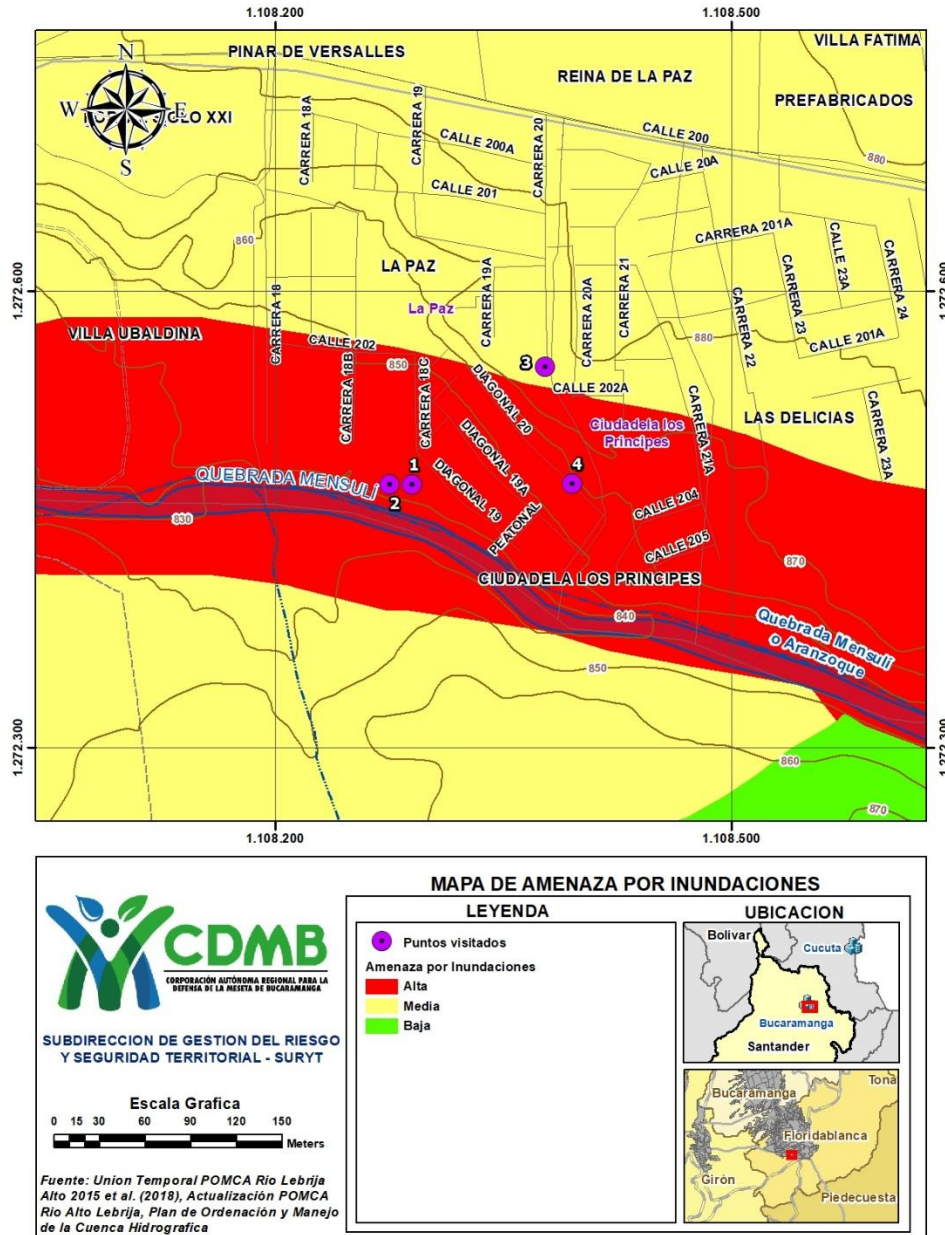
Por su parte, los Qfe son el resultado de procesos de removilización de materiales meteorizados, fundamentalmente del Macizo de Santander, mediante mecanismos torrenciales y flujos gravitacionales. Su disposición en forma de conos y abanicos de deyección, con depósitos mal estratificados y una matriz areno-limosa, denota eventos de alta energía, típicos de flujos de detritos. Estos procesos reflejan una intensa erosión en estas áreas de fuerte pendiente, lo que contribuye a la degradación del terreno y al aporte masivo de sedimentos hacia zonas bajas. Ambos depósitos son geológicamente inestables y altamente susceptibles a ser reactivados por lluvias intensas, favoreciendo tanto procesos erosivos como inundaciones en áreas aledañas.

De acuerdo con el Mapa de amenaza por inundación presentado en la Figura 15, tomado del POMCA del río Alto Lebrija (CDMB, 2018), los sectores evaluados en la zona colindante a la

quebrada Mensulí, se encuentran clasificados dentro de áreas de amenaza alta por inundación. Esta condición de riesgo se ve agravada por la cercanía al cauce. La acumulación de aguas pluviales durante eventos de precipitación intensa puede generar desbordamientos del cauce y socavación de los taludes.

Figura 15.

Mapa de amenaza por inundación del área de estudio de Mensuli.



Nota. Tomado de POMCA Rio Alto Lebrija (CDMB, 2018).

5.3 Fase 2 apoyo en la recopilación de datos geológicos y geotécnicos:

En la fase dos (2) se realizó el apoyo en la recopilación de datos geológicos y geotécnicos para la elaboración de posibles soluciones para la mitigación de amenazas naturales, para llevar a cabo esta fase se realizan visitas oculares bajo la supervisión de coordinadores de la CDMB. A continuación, se evidencian varios informes donde se aplica la fase dos (2).

Otros sectores evaluados en esta etapa incluyen: Anillo Vial Las Piñas, Brisas de Provenza, Buena Vista, Buenos Aires, Campo Madrid, Florida, Guadales, La Prensa, Meseta 2, Miraflores y Pablón, cuyos informes técnicos hacen parte de esta fase.

5.3.1 Informe escuela Casa Blanca (socavación superficial):

Coordenadas:

7°21'14.38"N 73°09'32.43"O

En la figura 16 se identifica una depresión en el terreno ubicada en la parte superior del talud de la ladera donde se encuentra la institución educativa Casa Blanca. Esta irregularidad corresponde a una socavación superficial, localizada contigua a la malla perimetral del plantel educativo, y fue ocasionada por procesos de erosión superficial no controlada. La afectación se concentra en el inicio del talud y podría agravarse si persisten las condiciones de escorrentía, aumentando el riesgo de pérdida progresiva de material y afectación estructural en el área cercana.

Figura 16.

Punto donde se presenta la problemática de socavación.



Nota. Imagen tomada en campo.

Previo al inicio del talud, en el área plana adyacente a la infraestructura de la escuela, se evidencia un desnivel natural del terreno que direcciona el flujo superficial hacia el borde del talud, justo en la zona donde se presenta la problemática expuesta anteriormente. Esta condición actúa como un canal de conducción de escorrentía durante los periodos de lluvia, permitiendo que el agua se concentre y escurra sin control hacia el punto crítico identificado. La ausencia de obras de drenaje superficial o canalización adecuada agrava esta situación, ya que el flujo pluvial incide directamente sobre el terreno expuesto, generando pérdida de material y aumentando el potencial de evolución de la erosión hacia sectores colindantes, incluida la base de la malla perimetral.

Se observa la presencia de vegetación incipiente en las áreas afectadas, lo que sugiere que el proceso de erosión superficial se encuentra actualmente inactivo, ya que la vegetación ha logrado establecerse sin indicios de desplazamiento significativo del suelo. No obstante, el personal de la institución ha informado que el grado de deterioro ha incrementado en comparación con la

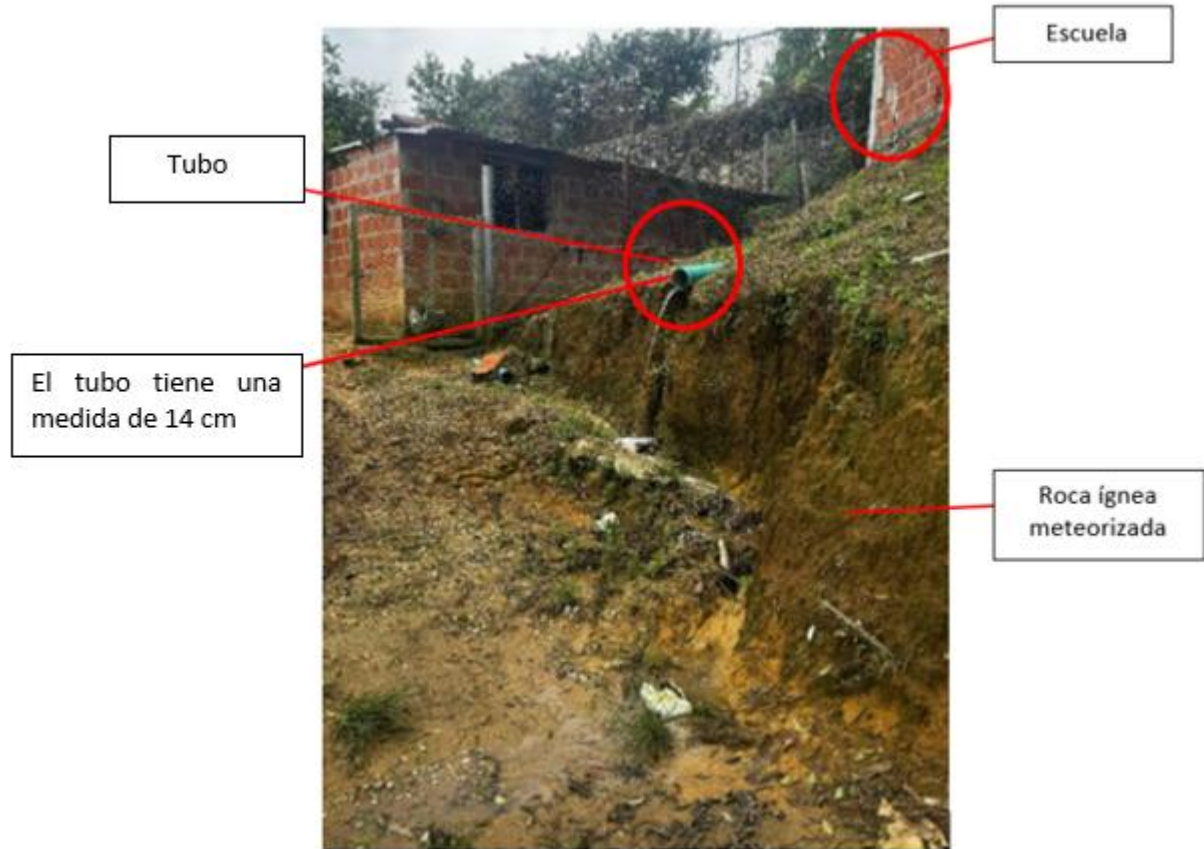
situación inicial, lo que indica que, aunque no se evidencian movimientos inmediatos, el proceso erosivo ha avanzado de manera progresiva, afectando la estabilidad del terreno de forma gradual.

Estas remociones de suelo, afectan el equilibrio natural del talud, disminuyendo su resistencia frente a factores como la infiltración de agua, la carga superficial y las vibraciones. En conjunto, estas intervenciones antrópicas contribuyeron significativamente al debilitamiento progresivo del terreno y a la evolución del fenómeno que actualmente representa un riesgo para la comunidad educativa.

La ladera donde se encuentra ubicada la escuela presenta una pendiente alta y discontinua por un trazo de vía hecho por los habitantes a lo largo de toda su extensión como se evidencia en la figura 17. La institución se sitúa en la parte superior de la ladera, lo que resalta aún más la inclinación pronunciada del terreno en esa área, aumentando la exposición de la zona a posibles riesgos derivados de la inestabilidad del terreno, especialmente durante períodos de alta saturación o lluvias intensas.

Figura 17.

Ladera (parte inferior de la escuela Casa Blanca).



Nota. Imagen tomada en campo.

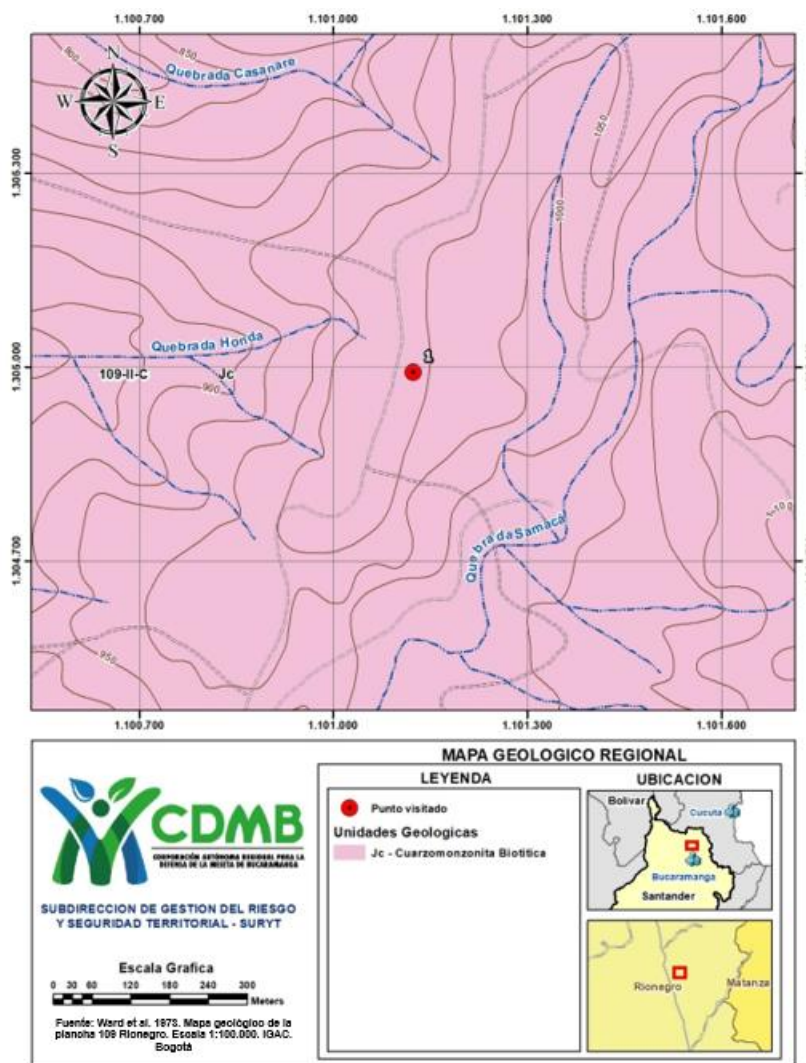
Se observa un corte en una ladera con exposición de materiales terrosos, muestra una matriz de color ocre a amarillento, con textura friable, lo que indica que se trata de materiales poco consolidados, probablemente sedimentos de origen coluvial o residual. No se identifican estructuras o estratos visibles, lo que refuerza la idea de un material no estratificado, típico de depósitos de ladera o suelos arcillo-limosos. La textura fina y compacta indica minerales arcillosos (como caolinita, illita o montmorillonita), que son comunes en suelos meteorizados. Con estas características se identifica como roca ígnea meteorizada. En parte geotécnica el tubo verde descarga aguas posiblemente residuales o pluviales directamente sobre el talud, lo cual aumenta la humedad del terreno, provocando procesos de erosión superficial e inestabilidad. La pendiente

pronunciada y la falta de contención o drenaje adecuado pueden facilitar movimientos de masa (deslizamientos o reptación), especialmente si el suelo tiene alto contenido de arcillas expansivas.

Posteriormente para corroborar y complementar la información tomada en la visita ocular se identifica la formación presente en el sector analizado mediante el mapa geológico como se muestra en la figura 18.

Figura 18.

Mapa geológico regional (1:100.000) del área de estudio, caso Escuela Casa Blanca.



Nota. Se utilizó la plancha número 109 del IGAC y la geología de Ward *et. al.* (1973).

La unidad Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro (Jc) (Monzogranito de Rionegro), exactamente donde se observa el punto visitado en la figura 18, es la afectada por la socavación superficial.

Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro (Jc) (Monzogranito de Rionegro): está compuesta por rocas ígneas plutónicas como cuarzomonzonitas, monzogranitos y granodioritas, sin una distribución espacial clara. Estas rocas presentan texturas equigranulares a subporfiríticas, con estructuras que indican deformación por fallas. Mineralógicamente, contienen cuarzo, plagioclasa, ortosa, biotita y hornblenda. Geoquímicamente, pertenecen a la serie calcoalcalina rica en potasio, con características de granitos peraluminosos tipo I, formados en ambientes de arco continental. Su edad se estima entre el Jurásico temprano y medio.

Quiere decir que la Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro, al estar constituida por rocas ígneas plutónicas como cuarzomonzonitas, monzogranitos y granodioritas, presenta potenciales zonas de debilidad y fracturamiento. Estas condiciones pueden influir en la estabilidad y permeabilidad de la ladera. En el ámbito geotécnico, su comportamiento puede verse comprometido por el grado de fracturamiento, las texturas equigranulares a subporfiríticas y la composición mineralógica (especialmente la presencia de biotita y hornblenda) pueden afectar la durabilidad de la roca frente a la intemperización, generando problemas como la descomposición superficial o pérdida de resistencia con el tiempo. Por tanto, es fundamental realizar un estudio geotécnico detallado que contemple lo estructural y las condiciones hidrogeológicas del sitio.

5.3.2 Informe Rio Negro (cantera activa que expulsa residuo de roca constantemente y promueve el deslizamiento):

Coordenadas:

7°13'23.31"/ 73° 8'28.99"O

En la figura 19 se muestra la parte inicial de la problemática presentada en el punto visitado que pertenece a la zona de Rio Negro Km9+500, vereda San Isidro, debido a que es una cantera activa

que expulsa residuo de roca constantemente, lo cual promueve el deslizamiento de material de excavación, generando sobrecarga en el talud favoreciendo las condiciones de inestabilidad.

Figura 19.

Calera activa (caso Rio Negro) ubicada en la corona del talud afectado.



Nota. Imagen tomada en campo

En la figura 20, se evidencia un deslizamiento tipo traslacional superficial desarrollado sobre un talud cortado en materiales sedimentarios fuertemente meteorizados. El plano de ruptura es subparalelo al talud y afecta un perfil con capas de roca poco consolidada, probablemente una lutita o una roca arcillosa con intercalaciones arenosas, lo cual se observa por la coloración rojiza y parda, además de la textura friable del material.

La mineralogía predominante estaría compuesta por minerales arcillosos como illita, caolinita y posiblemente montmorillonita, además de cuarzo fino y fragmentos detríticos, característicos de sedimentos pelíticos. Estos minerales, especialmente las arcillas expansivas, tienden a absorber

agua y perder resistencia al corte, lo que, junto con la pendiente empinada y la pérdida de cobertura vegetal, favorece la inestabilidad del talud y la ocurrencia de movimientos superficiales en condiciones de humedad. Geotécnicamente, la falta de control de drenaje superficial y la pendiente pronunciada pueden provocar erosión regresiva, colapsos localizados y pérdida de estabilidad estructural del talud.

Figura 20.

Deslizamiento traslacional en talud interferido (caso Rio Negro).



Nota. Imagen tomada en campo.

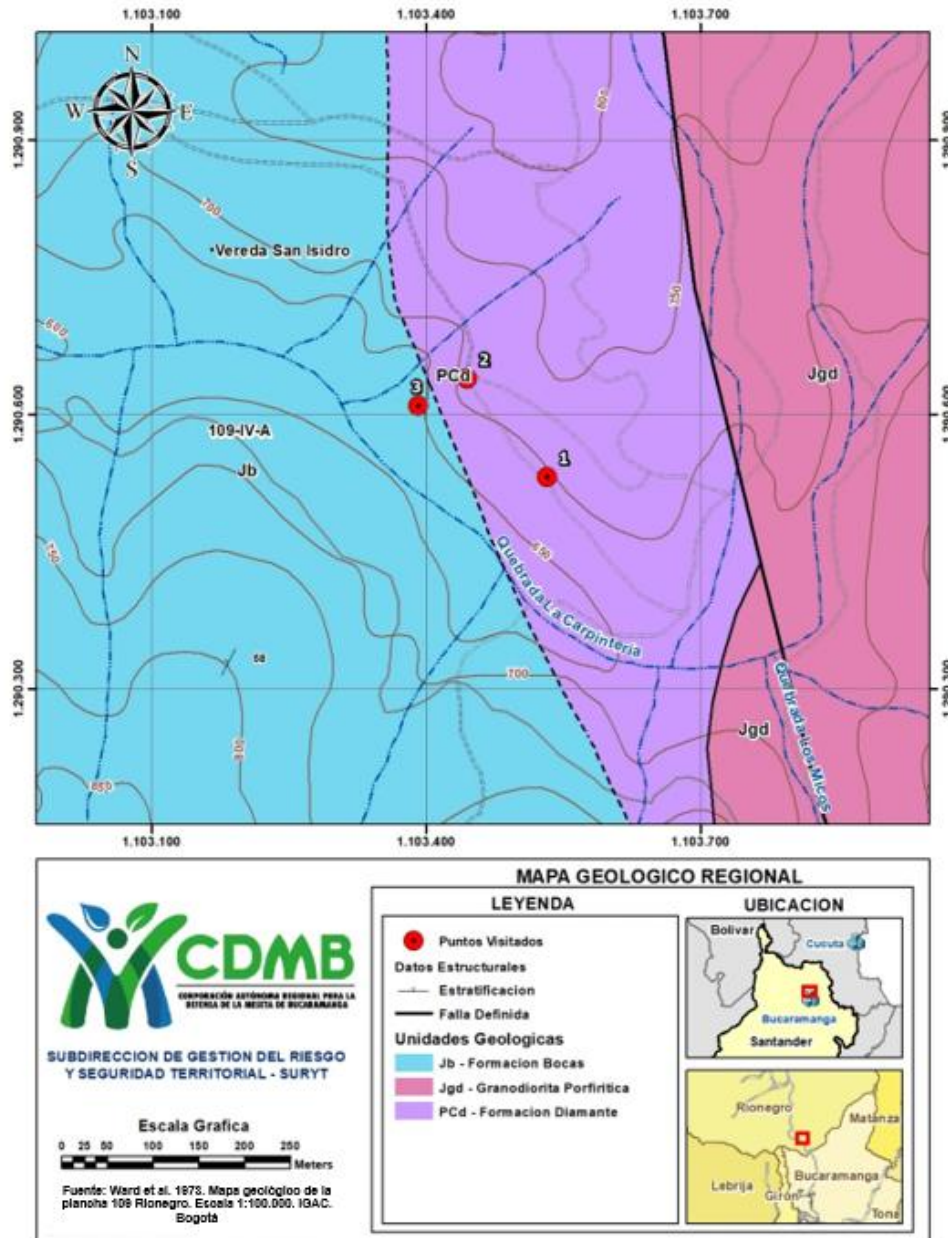
Las unidades "Formación Bocas (Jb)" y "Formación Diamante (PCd)", exactamente en el sur de Rio Negro, presentan un caso de Deslizamiento traslacional en el talud expuesto en la figura 20. Para verificar la información tomada en la visita ocular se identifica la formación presente en el sector analizado mediante el mapa geológico como se muestra en la figura 21.

La Formación Bocas (Jb) está compuesta principalmente por limolitas gris verdoso a pardo rojizo, ligeramente calcáreas, con intercalaciones delgadas de areniscas finas a medias, lutitas, arcillolitas y niveles escasos de conglomerados masivos con clastos de caliza, lutita y cuarzo en matriz arenosa calcárea. En la parte superior se encuentran niveles delgados de rocas volcánicas.

La Formación Diamante (PCd) está compuesta por una secuencia estratificada que incluye en su base areniscas y conglomerados de tonos púrpura, intercalados con arcillolitas. En su parte media predominan shales grises oscuros con calizas y arcillolitas limosas, mientras que la parte superior presenta calizas cristalinas ligeramente arcillosas y capas delgadas de arcillolitas y areniscas arcillosas de colores gris a rojo grisáceo (Calvache y Ruiz., 2015).

Figura 21.

Mapa geológico regional del área de estudio 1:100.000 caso Rio negro.



Nota. Se utilizó la plancha número 109 del IGAC y la geología de Ward *et. al.* (1973).

En conclusión, la Formación Bocas, con su composición predominante de limolitas, lutitas, arcillolitas y niveles calcáreos, incluye materiales finos y poco competentes que tienden a debilitarse con la presencia de agua, favoreciendo la meteorización, la erosión superficial y la generación de planos de deslizamiento. Geotécnicamente, esta formación presenta baja resistencia al corte y problemas de estabilidad en taludes, así como dificultades en cimentaciones por su comportamiento plástico en condiciones de humedad. Por su parte, la Formación Diamante, al estar compuesta por una alternancia de rocas duras como areniscas y calizas con materiales finos como arcillolitas y shales, puede presentar comportamiento anisotrópico, con posibilidad de falla a lo largo de planos de debilidad entre capas, especialmente si las arcillas se saturan. Esto representa un riesgo para obras de infraestructura, ya que puede provocar movimientos diferenciales, pérdida de capacidad portante y generación de deslizamientos en zonas de corte o excavación.

5.4 Fase 3, seguimiento y análisis de la efectividad de las soluciones geotécnicas

implementadas:

En la Fase tres (3) se participa en el seguimiento y análisis de la efectividad de las soluciones geotécnicas implementadas en el sector de “La Feria”, el cual presenta problemáticas asociadas a procesos erosivos que comprometen la estabilidad del terreno y representan una amenaza directa para las viviendas cercanas y sus habitantes. A continuación, se presenta el informe técnico correspondiente a la aplicación de la Fase 3 en el barrio “La Feria”.

Otros sectores evaluados en esta etapa incluyen: Portachuelo, Cacique, Quebrada mensulí, Rio de oro, Sinaí, Suratá área urbana, Uribe Uribe Lebrija, Vereda Borrero, Vereda Centro Vetas, Viaducto y Villa esmeralda, cuyos informes técnicos hacen parte de esta fase.

5.4.1 Informe la Feria, zona con alta susceptibilidad a procesos erosivos:

Coordenadas

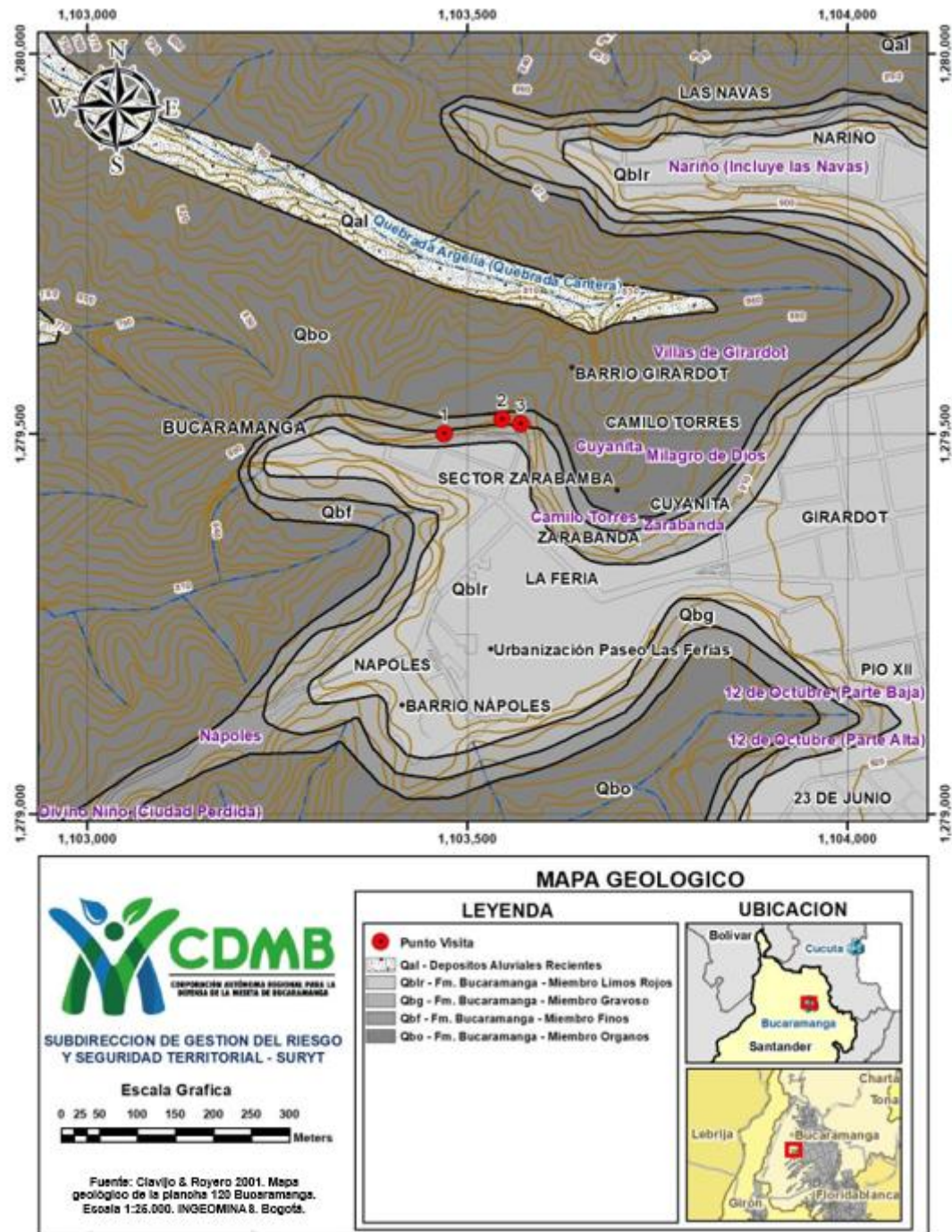
- 7° 7' 21.7" N 73° 8' 27.2" O
- 7° 7' 22.3" N 73° 8' 24.7" O

- 7° 7' 22.1" N 73° 8' 23.9" O

El barrio “La Feria”, localizado en el sector noroccidental de la ciudad de Bucaramanga, ha sido identificado como una zona con alta susceptibilidad a procesos erosivos, los cuales se han intensificado progresivamente a lo largo del tiempo. Como respuesta a esta problemática, se han iniciado intervenciones mediante la implementación de obras civiles y soluciones geotécnicas orientadas a mitigar los efectos de la erosión y estabilizar el terreno. En la figura 22 se evidenciará la geología de la zona afectada.

Figura 22.

Mapa geológico 1:25.000 del área de estudio, caso La Feria.



Nota. Se utilizó la plancha número 120 de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero, (2001).

La presencia conjunta del Miembro Gravoso y el Miembro Finos representa un perfil geotécnicamente complejo. El Miembro Gravoso, con depósitos matriz-soportados, mal compactados, de baja cohesión y alta permeabilidad, es susceptible a procesos de remoción en masa, principalmente deslizamientos superficiales y flujos de detritos, debido al incremento de presiones intersticiales en época de lluvias. Su heterogeneidad litológica y estructura suelta reducen la resistencia al corte y dificultan la estabilidad de taludes. El Miembro Finos, por su parte, compuesto por arcillas limosas y limos arcillosos en disposición lenticular y estratificación variable, presenta baja permeabilidad, alta plasticidad y compresibilidad, generando potenciales problemas de asentamientos, expansividad y planos de deslizamiento en la interfase con la unidad superior. La interacción entre una unidad permeable sobre una impermeable crea condiciones críticas de estabilidad, especialmente en laderas, cortes o zonas con sobrecargas.

Con base en el conocimiento geológico del área, se dio inicio a la implementación de medidas de control de erosión mediante la construcción de obras como concreto lanzado, pantallas ancladas y sistemas de drenaje en concreto, con el objetivo de mejorar la estabilidad del terreno y reducir el riesgo de deslizamientos, como se evidencia en las figuras 23, 24 y 25.

Figura 23.

Sección superior de obra de mitigación de concreto lanzado, barrio La Feria (Bucaramanga).



Nota. Imagen tomada en campo

Figura 24.

Pantalla anclada desde la corona hasta el pie del talud, barrio La Feria (Bucaramanga).



Nota. Imagen tomada en campo.

Figura 25.

Sistema de drenaje de concreto barrio La Feria (Bucaramanga).



Nota. Imagen tomada en campo.

En la Figura 23 se observa una ladera revestida con concreto lanzado, técnica utilizada principalmente para proteger las superficies expuestas de la meteorización y la erosión superficial comunes en el barrio “La Feria”. En el contexto del miembro fino, donde predominan limos y arcillas fácilmente erosionables, el concreto lanzado actúa como una barrera física que evita el lavado progresivo del suelo por acción del agua de escorrentía. En este sector donde la pendiente corta niveles de limos arenosos, esta técnica reduce el riesgo de socavación superficial y la pérdida gradual de material. Además, se aprecia en la imagen la proximidad de viviendas a la corona del talud, lo que incrementa las cargas aplicadas sobre materiales de baja cohesión y refuerza la necesidad de protección superficial adecuada.

En la Figura 24 se muestra una pantalla anclada, que consiste en concreto lanzado reforzado con anclajes empotrados en el depósito consolidado de la formación Bucaramanga. Esta técnica es particularmente eficaz en esta zona, dado que el miembro gravoso aflora y posee niveles de gravas compactadas y arenas cementadas, a que estos proporcionan resistencia suficiente para el anclaje de pernos. Por ejemplo, si se perfora a través de un nivel limo-arcilloso del miembro fino hasta

alcanzar una capa de grava firme del miembro gravoso, el anclaje logra transferir las cargas inestables de la ladera a un estrato con mayor capacidad portante, estabilizando así la masa superior. En este contexto, la pantalla anclada no solo retiene material suelto, sino que también actúa como refuerzo estructural, ideal para esta ladera con fracturamiento superficial y deformaciones progresivas. Esta técnica se adapta bien a la condición local, donde se observa fracturación del terreno y pérdida de resistencia estructural por saturación e infiltración a través de discontinuidades.

Por último, la Figura 25 ilustra un sistema de drenaje superficial tipo cuneta revestida. Este tipo de obra es clave para controlar el escurrimiento pluvial, particularmente en la zona donde predominan las capas finas del miembro limo-arcilloso, que tienen baja permeabilidad vertical y alta susceptibilidad a la saturación por acumulación de agua superficial. La cuneta revestida intercepta y conduce el agua pluvial antes de que esta se infiltre en el talud, evitando así el aumento de la presión intersticial (presión de poro) en los materiales finos, lo cual puede desencadenar fallas por pérdida de esfuerzo. En el caso del miembro gravoso, donde hay mayor permeabilidad, estas cunetas también reducen el riesgo de infiltración profunda no controlada, que podría generar erosión interna si no se maneja adecuadamente. Por tanto, este sistema de drenaje complementa y protege las obras estructurales, extendiendo su vida útil y funcionalidad al mantener el perfil seco y estable durante eventos de lluvia.

En conjunto, estas soluciones no solo responden a las condiciones geológicas y geotécnicas locales, sino que también aprovechan las características mecánicas y permeables del subsuelo. La alternancia de capas finas y gruesas permite un diseño técnico integrado y eficiente, donde el concreto lanzado protege, los anclajes estabilizan y los drenajes controlan el agua, logrando así una mejora significativa en la estabilidad global de la ladera en La Feria.

A pesar de que en la zona persisten problemáticas como la humedad constante generada por la proximidad de las viviendas, la infiltración de aguas lluvias, la presencia de residuos antrópicos y la obstrucción parcial de los sistemas de drenaje debido a la cobertura vegetal sobre la pantalla anclada, se evidencia que las obras de estabilización se encuentran en buen estado funcional y estructural. Estas intervenciones mantienen su integridad, cumplen su propósito técnico y

continúan proporcionando estabilidad al talud, lo que demuestra la efectividad de las soluciones implementadas pese a las condiciones adversas del entorno.

5.5 Fase 4, visita de campo y monitoreo del desarrollo de las obras en ejecución de estabilización de terrenos:

Por último, en la fase cuatro (4) se lleva a cabo una visita de campo ocular, con el objetivo de monitorear el desarrollo de las obras de estabilización de terrenos en ejecución. Durante esta visita se recopila información sobre el avance de las intervenciones y se identifican las áreas que aún no han sido intervenidas y que continúan presentando condiciones de amenaza. A continuación, se presenta la tabla 1. con las coordenadas visitadas en el barrio 23 de Junio y la figura 26 con la localización por medio de un mapa.

Otro sector evaluado en esta etapa incluye: Barrio Antonio Nariño, cuyo informe técnico hacen parte de esta fase.

5.5.1 Informe barrio 23 de Junio ubicado en Bucaramanga, obra de pantalla anclada inconclusa:

COORDENADAS:

Tabla 1.

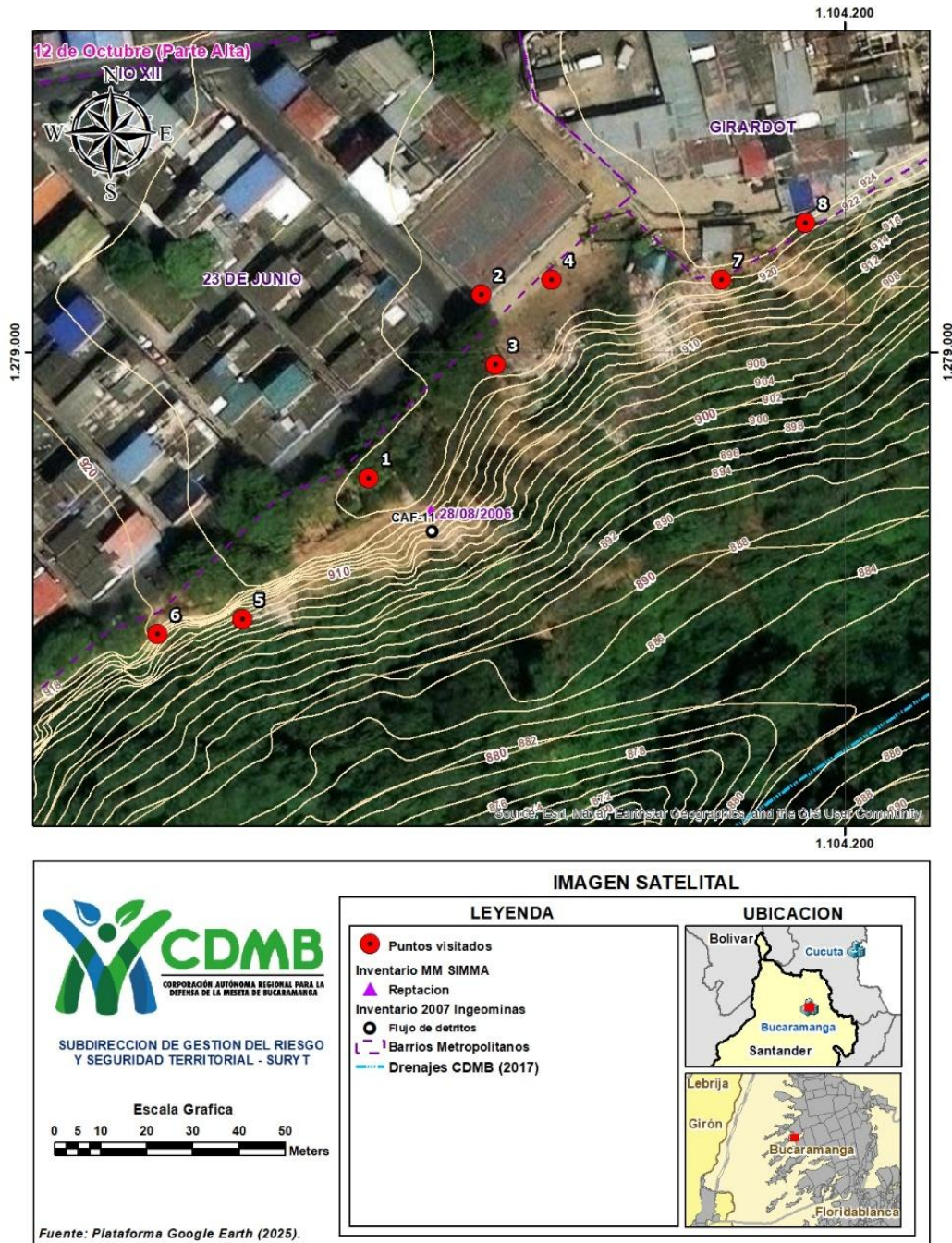
Coordenadas puntos visitados barrio 23 de Junio

ID. PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	REFERENCIA
1.	7° 7' 4.5''	73° 8' 6.8''	Punto de reunión.
2	7° 7' 5.8''	73° 8' 6.0''	Cancha del barrio 23 de junio.
3	7° 7' 5.3''	73° 8' 5.9''	Rellenos antrópicos.
4	7° 7' 5.9''	73° 8' 5.0''	Corona del escarpe.
5	7° 7' 3.5''	73° 8' 7.7''	Vista de la ladera.
6	7° 7' 3.4''	73° 8' 8.3''	Zona limítrofe con la obra de concreto lanzado.
7	7° 7' 5.9''	73° 8' 4.3''	Zona de relleno antrópico.
8	7° 7' 6.3''	73° 8' 3.7''	Inicio de la obra de la pantalla anclada.

Nota. Coordenadas de los puntos visitados tomados en campo con referencia en el barrio 23 de Junio

Figura 26.

Imagen satelital base de Google Earth, con detalle de la zona en estudio del barrio 23 de Junio.



Nota. Imagen satelital tomada de Google Earth

La zona afectada del barrio 23 de Junio presenta una obra de pantalla anclada inconclusa, situación que ha resultado desfavorable para el control de la erosión en los escarpes ubicados a poca distancia de las viviendas, tal como se evidencia en las figuras 27, 28 y 29.

Figura 27.

Zona de escarpe SW, barrio 23 de Junio, punto 1 de la figura 26, donde no hay presencia de obra.



Nota. Imagen tomada en campo.

Figura 28.

Zona de escarpe SW, barrio 23 de Junio, punto 8 de la figura 26, donde hay presencia de la pantalla anclada.



Nota. Imagen tomada en campo.

Figura 29.

Vista aérea por medio de dron del escarpe y la pantalla anclada del barrio 23 de Junio



Nota. Imagen de dron tomada en campo.

Esta zona del barrio 23 de Junio requiere una intervención de manera urgente, debido a que el escarpe donde se encuentran ubicadas viviendas y cancha pública del barrio presenta procesos avanzados de erosión. Además, el lugar ha sido utilizado como sitio de deposición inadecuada de residuos (relleno antrópico) tal como se evidencia en las figuras 29 y 30, los cuales ya ocupan una parte considerable del escarpe, agravando su inestabilidad.

Figura 30.

Corona del escarpe con relleno antrópico del barrio 23 de Junio.



Nota. Imagen tomada en campo.

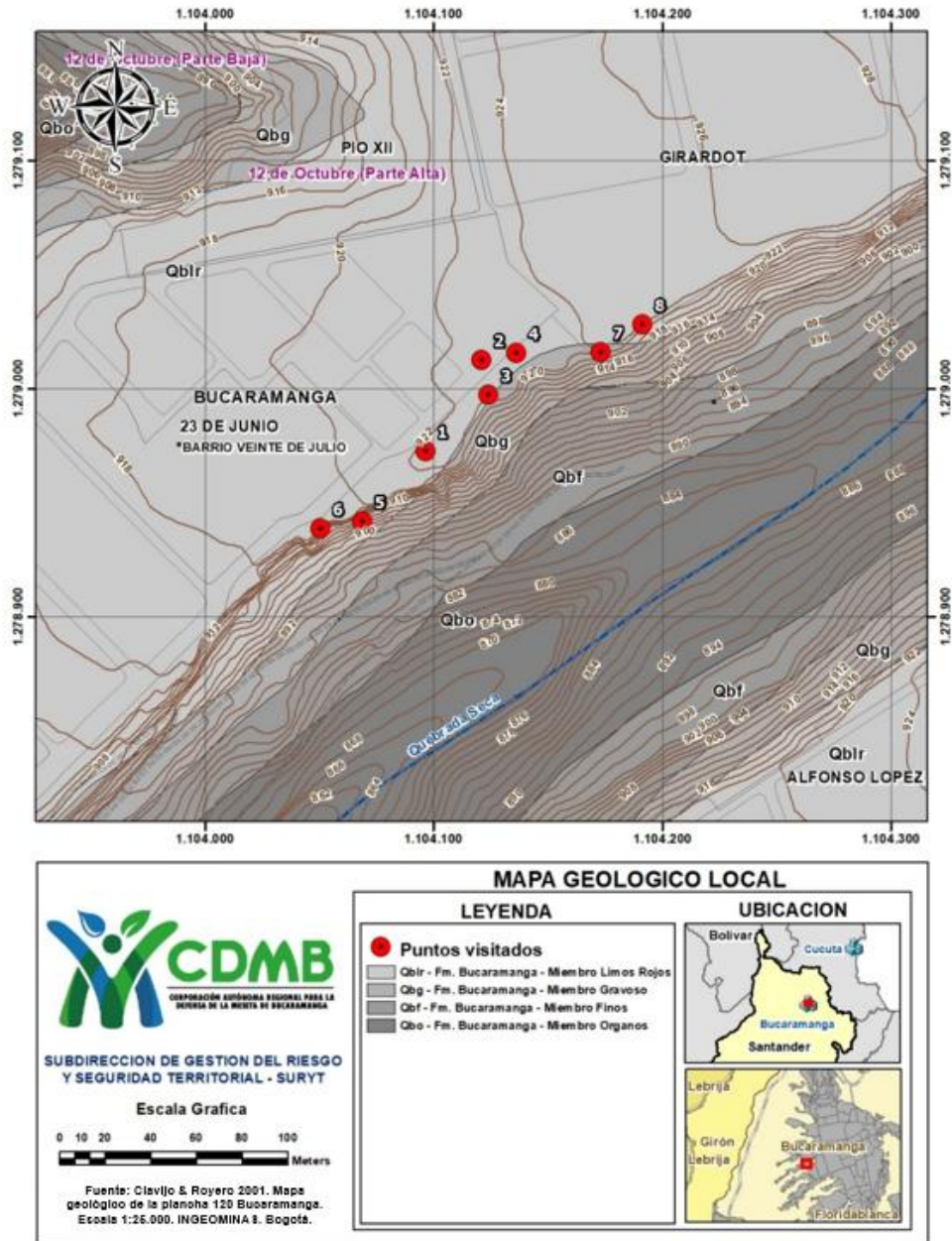
Posteriormente a la visita ocular, se elaboran mapas geológico, geomorfológico, geotécnico y de amenaza por movimiento en masa como se mostrará en la figura 31, 32, 33 y 34, con el fin de evidenciar el avance de la amenaza, específicamente deslizamientos y procesos de erosión que afectan el escarpe de la zona estudiada.

Los Miembros Gravoso y Limos Rojos corresponden a depósitos aluviales heterogéneos con distintos grados de meteorización, compactación y cohesión, lo que los hace geológicamente inestables y geotécnicamente problemáticos. El Miembro Gravoso, compuesto por gravas, arenas y lodos con matriz arcillosa poco cohesiva, y el Miembro Limos Rojos, formado por limos y arenas

arcillosas gravosas con bloques angulares meteorizados, presentan alta susceptibilidad a procesos de erosión, deslizamientos superficiales y caída de bloques, especialmente en zonas con escasa cobertura vegetal o fuerte escorrentía. Estas unidades, al estar poco consolidadas y presentar una morfología de escarpes, colinas y superficies semiplanas, generan condiciones adversas para la estabilidad de taludes y cimentaciones, favoreciendo asentamientos diferenciales y movimientos en masa, en especial en contextos urbanos como el Abanico de Bucaramanga.

Figura 31.

Mapa geológico 1:25.000 de la zona afectada por erosión del barrio 23 de Junio.

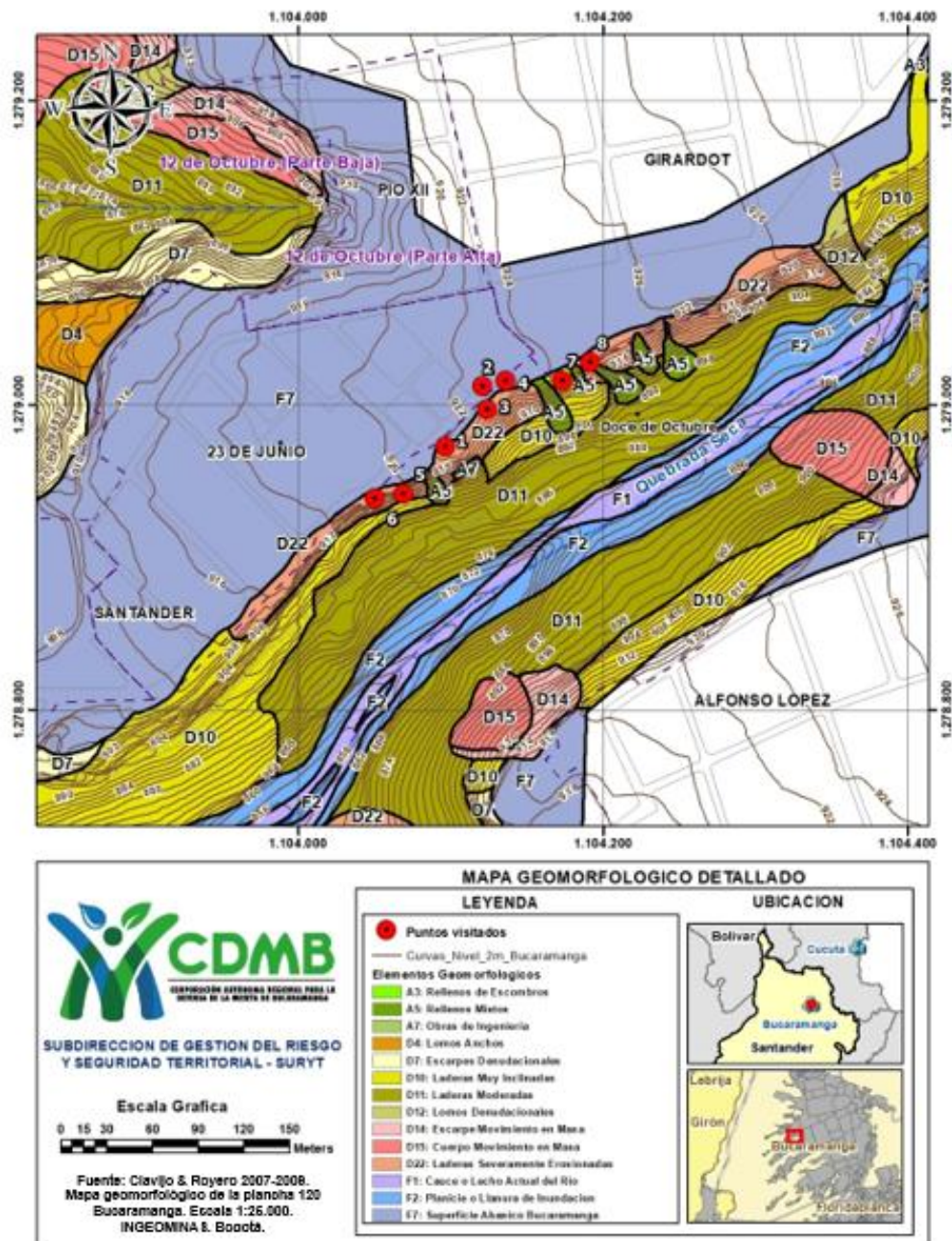


Nota. Se utilizó la plancha número 120 de INGEOMINAS y la geología de Clavijo y Royero, (2001).

La Superficie del Abanico de Bucaramanga (F7) corresponde a la zona afectada por el escarpe del barrio 23 de Junio. Es una geoforma levemente inclinada hacia el occidente, constituida por depósitos aluviales del abanico, sobre la cual se ha desarrollado gran parte del casco urbano de la ciudad. Geomorfológicamente, esta superficie semiplana presenta características favorables para el asentamiento humano, pero geotécnicamente puede presentar problemas de asentamientos diferenciales y baja capacidad portante en sectores con rellenos no controlados o suelos poco compactados. Por otro lado, la Ladera Severamente Erosionada (D22), pertenece a la zona de escarpe del barrio 23 de Junio, donde se desarrollan en pendientes moderadas a fuertes, afectadas por erosión laminar y concentrada que elimina la cobertura vegetal y expone el material superficial. Estas laderas, al quedar descubiertas, se vuelven altamente vulnerables a procesos de remoción en masa y erosión acelerada. Desde el punto de vista geológico y geotécnico, estas condiciones favorecen la ocurrencia de flujos de detritos y movimientos en masa, especialmente en zonas con suelos sueltos y drenaje deficiente, comprometiendo la estabilidad de taludes y la seguridad de las infraestructuras asentadas en estas pendientes.

Figura 32.

Mapa geomorfológico 1:25.000 del área de estudio, caso barrio 23 de Junio.

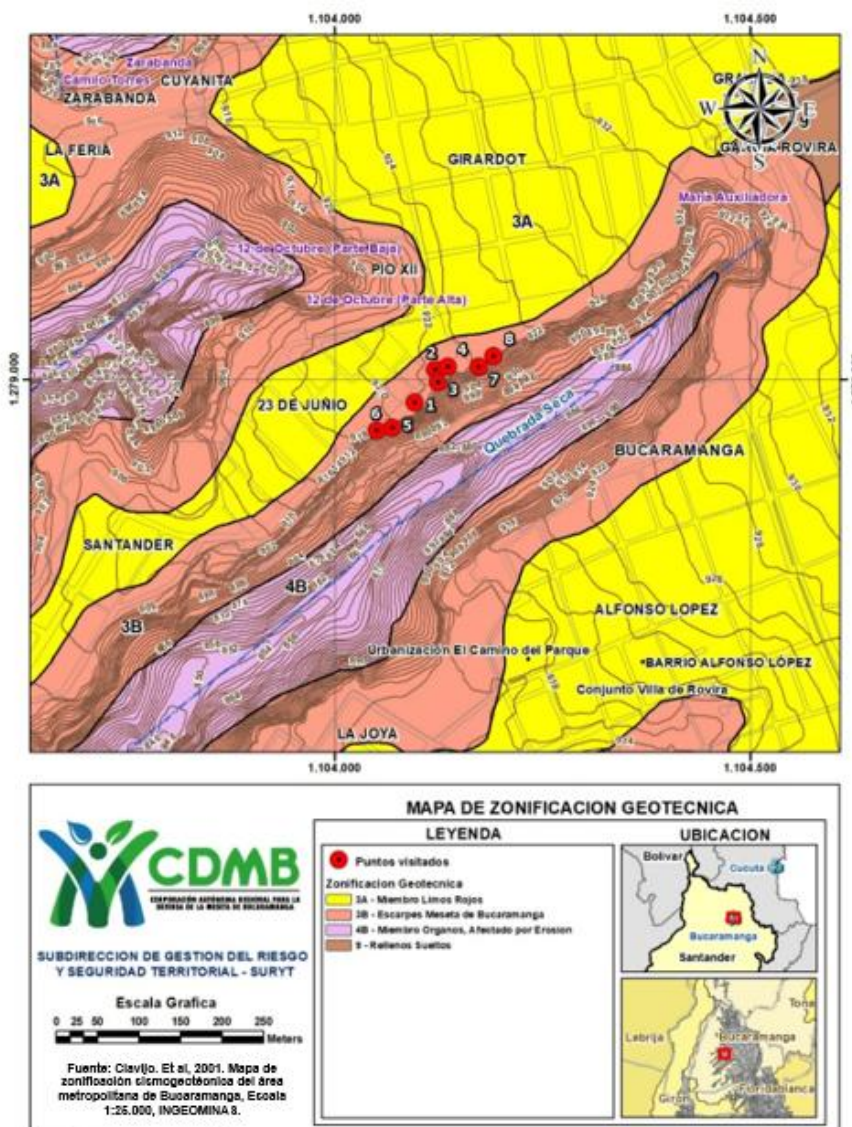


Nota. Se utilizó la plancha número 120 Bucaramanga de INGEOMINAS y la geomorfología de Clavijo y Royero, (2007 – 2009).

El sector donde se localiza el punto visitado del barrio 23 de Junio de Bucaramanga se encuentra ubicado en la zona 3B, Escarpes Meseta de Bucaramanga. caracterizada por la morfología de talud semivertical o de alta pendiente en su parte inferior, seguido de una zona de topografía plana a suavemente inclinada, ubicada en la parte más superior. La zona descrita presenta problemas geotécnicos de gran magnitud, tales como el agrietamiento cosísmico de la superficie del suelo, deslizamiento de tierra y avance de las cárcavas de erosión.

Figura 33.

Mapa de zonificación geotécnica del sector de interés 1:25.000, caso barrio 23 de Junio.



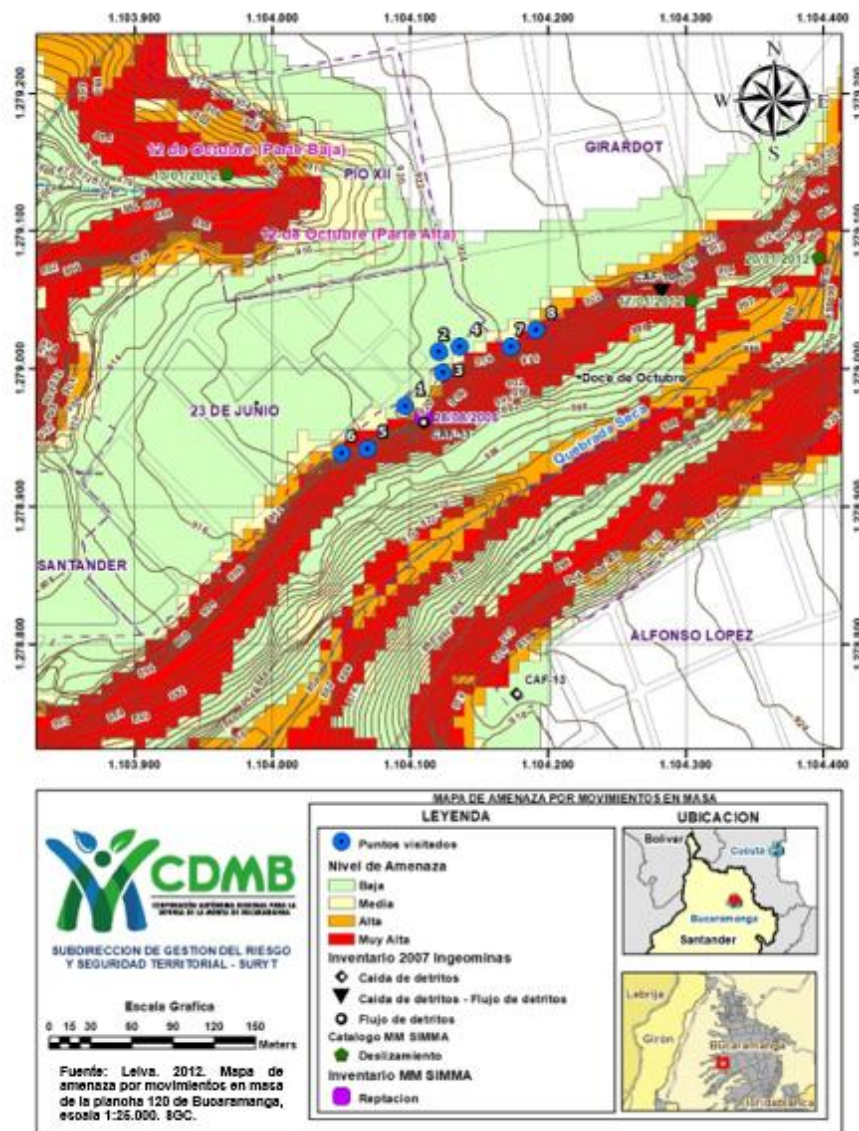
Nota. Se utilizó la zonificación sismogeotécnica de Clavijo. Et al, (2001).

La zona afectada del barrio 23 de Junio actualmente presenta sectores en los tres niveles de amenaza (bajo, medio y muy alto); sin embargo, con el paso del tiempo y el avance de los procesos erosivos, es probable que evolucione hacia una clasificación general de amenaza muy alta. Este nivel comúnmente presenta fuerte intervención antrópica y alta probabilidad de ocurrencia de

movimientos en masa de gran magnitud, tales como deslizamientos traslacionales en suelos, flujos superficiales, caídas de material y procesos de erosión intensa.

Figura 34.

Mapa de amenaza por movimientos en masa 1:25.000, caso barrio 23 de Junio



Nota. Se utilizó la plancha número 120 del servicio geológico colombiano y la memoria explicativa de Leiva (2012).

Como conclusión del seguimiento de esta obra del barrio 23 de Junio de Bucaramanga no finalizada, el escarpe severamente erosionado, afectada por acumulación de residuos y alta humedad, representa una amenaza muy alta debido a sus condiciones geológicas y al impacto de la intervención antrópica. Compuesta por materiales poco consolidados de los Miembros Finos, Órganos y Gravoso de la Formación Bucaramanga, esta zona muestra alta susceptibilidad a movimientos en masa como deslizamientos traslacionales, flujos superficiales, caídas de material y procesos erosivos intensos. La probabilidad de eventos de gran magnitud pone en riesgo vidas humanas e infraestructuras cercanas, por lo que se requiere una intervención urgente con soluciones geotécnicas adecuadas para mitigar dichos riesgos.

El inadecuado manejo de residuos sólidos (escombros y basura) en la corona del talud ha generado una sobrecarga en el escarpe, intensificando los procesos erosivos. Al tratarse de un suelo de relleno antrópico, inconsolidado y con baja resistencia al corte, gran parte del material presenta desprendimientos frecuentes, especialmente en el sector de la cancha. Esta condición compromete seriamente la estabilidad del talud, haciendo necesario un control inmediato del uso del terreno y la implementación de medidas de estabilización.

6. Conclusiones

La práctica empresarial realizada en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) permitió aplicar de manera integral los conocimientos teóricos adquiridos durante la formación académica en geología, mediante el desarrollo de actividades orientadas a la evaluación de riesgos geológicos y análisis de amenazas naturales en el área de jurisdicción de la entidad.

A lo largo de las diferentes fases del plan de trabajo, se logró apoyar activamente en la identificación, caracterización y seguimiento de zonas con alta susceptibilidad a fenómenos como deslizamientos, erosión e inundaciones, haciendo uso de herramientas geoespaciales como ArcGIS y Google Earth, así como mediante visitas de campo que permitieron validar las condiciones geotécnicas y geológicas del terreno.

Se evidenció que las problemáticas más frecuentes en la región están directamente relacionadas con la geología local, destacándose la presencia de formaciones poco consolidadas, suelos residuales, depósitos aluviales y zonas de relleno antrópico que, combinados con factores como la precipitación intensa y el uso inadecuado del suelo, aumentan significativamente el riesgo de movimientos en masa.

El acompañamiento en la formulación y evaluación de soluciones geotécnicas permitió conocer de primera mano los criterios técnicos y normativos necesarios para la estabilización de taludes, control de escorrentía y protección de infraestructuras vulnerables, fortaleciendo competencias prácticas en diseño, planificación y seguimiento de obras de mitigación.

La participación en informes técnicos de sectores como Charta, Gaitán, Mensulí, Casa Blanca, Rionegro, La Feria y el barrio 23 de Junio permitió desarrollar habilidades para la elaboración de diagnósticos integrales del terreno, integrando datos geológicos, geomorfológicos y geotécnicos, esenciales para la toma de decisiones en la gestión del riesgo territorial.

Esta experiencia práctica en la CDMB no solo contribuyó al fortalecimiento profesional, sino que también evidenció la importancia de una gestión del riesgo proactiva y multidisciplinaria, en la cual la geología cumple un papel fundamental en la protección del entorno y de las comunidades más vulnerables frente a amenazas naturales.

7. Recomendaciones

Es fundamental realizar investigaciones más detalladas del subsuelo, especialmente en zonas con presencia de formaciones como la Formación Bucaramanga y los depósitos aluviales recientes, los cuales presentan alta susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa. Estos estudios deben incluir ensayos in situ, análisis hidrogeológicos y caracterización litológica para definir con mayor precisión las soluciones más adecuadas.

La mayoría de los procesos erosivos y de deslizamiento observados en campo están relacionados con la acumulación o infiltración no controlada de aguas pluviales. Por lo tanto, es

recomendable diseñar obras de drenaje superficial y subterráneo adaptadas a la topografía y condiciones geotécnicas locales, con mantenimiento periódico para garantizar su funcionalidad.

Se recomienda establecer un programa de seguimiento a corto, mediano y largo plazo para evaluar el comportamiento y la efectividad de las intervenciones realizadas. El monitoreo debe incluir visitas técnicas periódicas, levantamientos topográficos y uso de tecnologías como drones, fotogrametría y sensores de humedad del terreno.

Es clave involucrar activamente a las comunidades que habitan en zonas de riesgo mediante procesos de educación ambiental, participación en jornadas de inspección y capacitación sobre cómo identificar signos de inestabilidad del terreno. Esto permitirá generar conciencia del riesgo y fomentar prácticas adecuadas de ocupación del suelo.

La urbanización informal, el depósito de residuos sólidos en laderas y la intervención directa de taludes sin estudios técnicos adecuados agravan significativamente los riesgos geológicos. Por tanto, se recomienda reforzar el control del uso del suelo y aplicar sanciones o medidas preventivas en coordinación con las autoridades municipales.

Se recomienda que la CDMB continúe con la actualización de su cartografía geotécnica y de amenazas naturales a escalas más detalladas, especialmente en zonas priorizadas por su vulnerabilidad. Esta información es clave para una planificación territorial responsable y para la toma de decisiones informadas.

Se recomienda establecer un convenio entre la Escuela de Geología de la UIS y la CDMB para facilitar prácticas empresariales de estudiantes en gestión del riesgo geológico. Esta alianza permitiría aplicar conocimientos en campo, fortalecer la formación profesional y aportar apoyo técnico a la CDMB en procesos clave para el territorio.

8. Referencias Bibliográficas

- Arango, M. I., Rodríguez, G., Zapata, G y Correa, A.M. (2016). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia monzogranito de Rionegro cordillera oriental- macizo de Santander departamentos de Santander-norte de Santander*
file:///C:/Users/juand/Downloads/Monzogranito_Rionegro%202016.pdf
- Calvache, M.L y Ruiz, G.L. (2015). *Memoria explicativa mapa de geomorfología para movimientos en masa de la plancha 120 – Bucaramanga, departamento de Santander versión 2*. Servicio Geológico Colombiano, Memoria_120 Bucaramanga 2015.pdf
- Clavijo, J. y Royero, J. M. (2001). *Mapa geológico generalizado departamento de Santander*
file:///C:/Users/juand/Downloads/Memoria_Santander%202001.pdf
- Clavijo, J., Et al. (2001). Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga. <https://es.scribd.com/document/298615821/Zonificacion-Geotecnica-Bucaramanga>
- Diaz, C., Ibata, L., Riveros, L., Romero, G y Calderón, S. (2018). *Índice municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades. Departamento Nacional de Planeacion (DNP) Bogotá D.C., Colombia*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/prensa/indicemunicipalderiesgodedesastres.pdf>
- EM-DAT (The International Disaster Database). (2011). *Monitoring hazards & disasters worldwide since 1988, The OFDA/CRED International Disaster Database*. Université Catholique de Louvain. <http://www.emdat.be>
- Felgentreff, C., Glade, T.O. (2008). *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*. <https://homepage.univie.ac.at/thomas.glade/publications/felgentreff&glade2008a.pdf> _ISBN 978-3-8274-1571-4
- Huggel, C., Ceballos, J.L., Pulgarín, B., Ramírez, J., y Thouret, J.C. (2007). *Review and reassessment of hazards owing to volcano-glacier interactions in Colombia. Annals of*

Glaciology. <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridgecore/content/view/bb3c990f419b063c9f5e801621f11c58/s0260305500253160a.pdf/review-and-reassessment-of-hazards-owing-to-volcano-glacier-interactions-incolombia.pdf>

Lowe, D., Williams, S., Leigh, H., et al. (1986). *Lahares iniciados por la erupción del Nevado del Ruiz, Colombia, el 13 de noviembre de 1985*. *Nature*, 324, 51-53. <https://doi.org/10.1038/324051a0>

Montero, J. (2017). *Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*. En: L. E. V. Salamanca, Ed.). Servicio Geológico Colombiano, <https://www2.sgc.gov.co/publicaciones/cientificas/noseriadas/documents/clasificacionmm-terrenos-geologicos-colombia.pdf>

Moreno, C., Diaz, C., Fernández, C.C., Pardo, F., Cabezas, J., Calvache, M., Puentes, M., y Vargas, Y. (2017). *Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes*, Comité nacional para el conocimiento del riesgo. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/han.dle/20.500.11762/20761/terminologia-grd-2017.pdf?sequence=2&isallowed=y>

Leiva, O. (2012). Memoria explicativa del mapa de amenazas por movimientos en masa, plancha 120 – Bucaramanga departamento de Santander. <https://adminmiiignew.sgc.gov.co/Lists/RecursosSGC/DispForm.aspx?ID=16177>

Peña, G. L. R., Alarcón, S. del R. N., Cordón, J. L. C., Rodríguez, C. A. G., Hernández, K. C. R., Holguín, B. L. C., González, G. A. T., & Cerón, R. P. (2017). *Las amenazas por movimientos en masa de Colombia, una visión a escala 1:100.000*. Libros del Servicio Geológico Colombiano. <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/view/45/36/402>

Thouret, J.C., Ramírez, J., Vargas, J.L., Naranjo, J., Vandemeulebrouck, F., Valla, M., y Funk, M. (2007). *Volcano-glacier interactions on composite cones and lahar generation: Nevado del Ruiz, Colombia, case study*. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/5>

Ward, D.E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H y Gómez, E. (1973). *Mapa geológico de Colombia cuadrángulo h-12 Bucaramanga planchas 109 Rionegro - 120 Bucaramanga cuadrángulo h-13 pamplona planchas 110 pamplona - 121cerrito escala 1:100.000 memoria explicativa. Memoria_109-110-120-121 - 1973.pdf*