

Cartografía y Caracterización Geológica del Asentamiento Humano Rincón de la Paz, Comuna 5 del Municipio de Bucaramanga, Santander. Sector Localizado dentro de la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Carlos Andrés Guerra Morales

Trabajo de grado para optar por el título de Geólogo

Director

Juan Diego Colegial Gutiérrez

Doctor en Ciencias Geológicas

Tutor

Diego Iván Moreno Daza

Ingeniero Civil (CDMB)

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2018

## Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	14
<b>Planteamiento del Problema</b> .....	14
<b>Desarrollo de Antecedentes</b> .....	15
<b>Propósito</b> .....	16
<b>Fundamentación</b> .....	16
<b>1. Objetivos</b> .....	17
<b>1.1 Objetivo General</b> .....	17
<b>1.2 Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>2. Marco Referencial</b> .....	19
<b>2.1 Geología Regional</b> .....	19
<b>3. Marco Legal</b> .....	34
<b>4. Flujo de Trabajo</b> .....	37
<b>4.1 Fase de recopilación Bibliográfica</b> .....	37
<b>4.2 Fase de Campo</b> .....	38
<b>4.3 Fase de Oficina</b> .....	40
<b>5. Localización del Asentamiento Rincón de La Paz</b> .....	56
<b>6. Resultados</b> .....	58
<b>6.1 Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI)</b> .....	58

<b>6.2 Cartografía Geomorfológica .....</b>	<b>65</b>
<b>6.3 Cobertura del Suelo .....</b>	<b>81</b>
<b>6.4 Inventario de Obras de Mitigación de Riesgo a Desastres .....</b>	<b>87</b>
<b>6.5 Mapa de Pendientes .....</b>	<b>95</b>
<b>6.6 Susceptibilidad de Remoción en Masa .....</b>	<b>97</b>
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>99</b>
<b>8. Recomendaciones .....</b>	<b>102</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>103</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga, Tomado de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del área Metropolitana de Bucaramanga (INGEOMINAS, 2001). (Apéndice A).....	20
Figura 2. Panorámica de los miembros que conforman la formación Bucaramanga. De base a techo: Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg) y Limos Rojos (Qblr). Margen derecha de la quebrada La Joya, vista desde el barrio Campo Hermoso. Tomado de INGEOMINAS, (2001).	24
Figura 3. Distribución de la Formación Bucaramanga en el Área Metropolitana de Bucaramanga, Tomado y modificado de INGEOMINAS, (2001). .....	27
Figura 4. Mapa Morfotectónico del Sistema de Fallas Bucaramanga. Zona Sur: Ricaurte-Bucaramanga. Tomado y modificado de Modelo Geodinámico del Macizo de Santander. INGEOMINAS (2008). (Apéndice B).....	33
Figura 5. Mapa conceptual con la normativa legal vigente, para la aplicación del proyecto, parte 1. (Apéndice C).....	35
Figura 6. Mapa conceptual con la normativa legal vigente, para la aplicación del proyecto, parte 2. (Apéndice D).....	36
Figura 7. Plano de estaciones de campo. (Apéndice E).....	39
Figura 8. Unidades Geológicas de Ingeniería según su origen. Tomado y modificado de Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, del Servicio Geológico Colombiano (2016). .....	42
Figura 9. Catálogo para elementos de geomorfología en ambiente Denudativo. Tomado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011.....	45
Figura 10. Catálogo para elementos de geomorfología en para ambiente Denudativo. Recuperado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011. ....	46

Figura 11. Catálogo para elementos de geomorfología en ambiente Fluvial y Deltaico. Recuperado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011. ....	47
Figura 12. Catálogo para elementos de geomorfología en ambiente Fluvial y Deltaico. Recuperado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011. ....	48
Figura 13. Clasificación de Movimientos por Remoción en masa, Varnes, 1978. Recuperado y modificado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011). ....	49
Figura 14. Cálculo de la susceptibilidad general a los movimientos en masa. Tomado de Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2012). Recuperado de <a href="http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745">http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745</a> .....	53
Figura 15. Grado de susceptibilidad a los deslizamientos. Tomado y modificado de Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2012. Recuperado de <a href="http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745">http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745</a> .....	55
Figura 16. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Tomado y modificado de Google Earth. Coordenadas Magna Sirgas IGAC. ....	57
Figura 17. Suelos del Miembro Órganos en la zona de estudio. Estación 7. ....	59
Figura 18. Badlands pertenecientes a los suelos del miembro Órganos (Qbo), formados por la erosión fluvial y la gravedad. Estación 2. ....	60
Figura 19. Suelos conglomeraticos del Miembro Órganos, donde se observa la matriz arenarcillosa y la composición variable de los cantos que lo conforman. Estación 1. ....	61
Figura 20. Plano de unidades geológicas para ingeniería en la zona de estudio, C1 y C2 son las columnas estratigráficas respectivamente. (Apéndice F). ....	63
Figura 21. Columnas estratigráficas representativas de cada uno de los márgenes de la quebrada Chimita. C1 es la columna superior y C2 es la columna inferior. (Apéndice G). ....	64
Figura 22. Ladera denudacional (Dldm). Estación 7. ....	67

Figura 23. Estoraques (Badlands) (Des). Estación 4. ....	68
Figura 24. Quebrada Chimita, en la que se evidencian los procesos degradacionales que socavan el miembro órganos (Qbo) y la terraza media (Qal2), formando un valle de incisión a partir de los escarpes de terraza. Estación 9. ....	69
Figura 25. En la foto a (Estación 6), se observan las laderas explanadas para construcción de viviendas y en la foto b (Estación 9), se observan las terrazas de la quebrada Chimitá sobrepuestas con rellenos de escombros y desechos que, han sido explanados con el mismo objetivo de edificación en el asentamiento Rincón de La Paz. ....	70
Figura 26. Línea de tiempo 2002 – 2014, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H). ....	72
Figura 27. Línea de tiempo 2002 – 2005, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H). ....	73
Figura 28. Línea de tiempo 2009 – 2011, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H). ....	74
Figura 29. Línea de tiempo 2013 – 2015, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H). ....	75
Figura 30. Manzanas del asentamiento Rincón de La Paz. Tomado de Junta de Acción Comunal, archivos CDMB. (Apéndice I). ....	76
Figura 31. En las dos fotografías se observa la caída por erosión diferencial y el flujo de detritos en la zona de estudio. Estaciones 17 y 23, consecutivamente. ....	78
Figura 32. En las imágenes se observa el flujo de detritos sobre el asentamiento Rincón de La Paz. Estaciones 6 y 3, consecutivamente. ....	79
Figura 33. Porcentaje de los eventos morfodinámicos presentes en la zona de estudio. ....	79
Figura 34. Plano Geomorfológico de la zona de estudio (Apéndice J). ....	80
Figura 35. Zonas urbanizadas en la que se observan viviendas y una cancha de fútbol en tierra. Estaciones 1 y 10, consecutivamente. ....	82
Figura 36. Bosque fragmentado (BF) por tierras desnudas y vegetación secundaria o en transición presente sobre el asentamiento Rincón de La Paz. Estación 9. ....	83
Figura 37. Vegetación secundaria o en transición (VS) posterior a un evento artificial por canalización de las aguas esorrentías. Estación 2. ....	84

Figura 38. Tierras desnudas y degradadas (TD), donde por procesos de erosión y remoción en masa se generan surcos y cárcavas. Estación 7.....	85
Figura 39. Plano de cobertura del suelo en la zona de estudio (Apéndice K). .....	86
Figura 40. Muro en Gaviones (MG) presente en el parque del asentamiento Rincón de La Paz. Estación 5.....	89
Figura 41. Muro en Gaviones (MG) presente en el talud de la ladera posterior al asentamiento. Estación 21.....	89
Figura 42. Obra de Canalización del sistema de drenaje (CD) de la quebrada Chimitá. Estación 8. ....	90
Figura 43. Obra de Canalización del sistema de drenaje que se encuentra erosionada por gravedad y flujo de la corriente de la quebrada Chimitá. Estación 9. ....	91
Figura 44. Plano de inventario de obras de mitigación de riesgo a desastres (Apéndice L). .....	92
Figura 45. Foto 3 (izquierda) y foto 4 (derecha), en las que se observa el muro en gavión reforzado muy erosionado por el cauce de la quebrada. ....	93
Figura 46. Foto 5 (izquierda) se evidencia la erosión del muro en gaviones reforzado en la unión de las quebradas La Joya y La Rosita que dan nacimiento a la quebrada Chimita. Foto 6 (derecha), en la que se observa el inicio del primer muro en concreto con pilotes al borde del asentamiento. ....	93
Figura 47. Foto 7 (izquierda) en la que se ve un desnivel en el muro de concreto con pilotes debido a que fue construido en épocas diferentes y no se logró un buen empalme, teniendo en cuenta el descenso de altura en la quebrada, ocasionando que la quebrada se filtre por debajo del muro socavando los cimientos. Foto 8 (derecha) se observa el nivel de descenso de la quebrada Chimita y la finalización del muro en concreto con pilotes para ser empalmado con un muro en gaviones con refuerzo. ....	94
Figura 48. Foto 9 (izquierda) y foto 10 (derecha) en las que se evidencian los depósitos de terraza baja (Qal1) que han sido cubiertos por vegetación, lo que indica que en este sector la energía de la quebrada Chimita disminuye y genera un área de depositación de sedimentos. ....	94
Figura 49. Foto 11 (izquierda) y foto 12 (derecha) estas imágenes se observa como la extracción de las gravas y arena de la quebrada por parte de los pobladores del asentamiento contribuye al socavamiento y la posterior erosión de las obras de mitigación. ....	95

Figura 50. Foto 13 (izquierda y foto 14 (derecha) en estas imágenes se observa el inicio y fin del muro en concreto con pilotes que canaliza la quebrada Chimita a medida que termina su paso frente al asentamiento. .... 95

Figura 51. Plano de pendientes. (Apéndice M)..... 96

Figura 52. Plano de susceptibilidad a movimientos por remoción en masa. (Apéndice N). ..... 98

## Lista de Apéndices

**(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en base de datos de la Biblioteca UIS)**

Apéndice A. Mapa Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga, Tomado de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del área Metropolitana de Bucaramanga (INGEOMINAS, 2001).

Apéndice B. Mapa Morfotectónico del Sistema de Fallas Bucaramanga. Zona Sur: Ricaurte-Bucaramanga. Tomado y modificado de Modelo Geodinámico del Macizo de Santander (INGEOMINAS, 2008).

Apéndice C. Mapa conceptual con la normativa legal vigente, para la aplicación del proyecto, parte 1.

Apéndice D. Mapa conceptual con la normativa legal vigente, para la aplicación del proyecto, parte 2.

Apéndice E. Plano de Estaciones de Campo

Apéndice F. Plano Unidades Geológicas para Ingeniería

Apéndice G. Columnas estratigráficas

Apéndice H. Línea de tiempo 2002 – 2014, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz.

Apéndice I. Manzanas del asentamiento Rincón de La Paz. Tomado de Junta de Acción Comunal, archivos CDMB.

Apéndice J. Plano Componentes Geomorfológicos

Apéndice K. Plano de Unidades de Cobertura del Suelo

Apéndice L. Plano Inventario de Obras de Mitigación del Riesgo

Apéndice M. Plano de Pendientes

Apéndice N. Plano Susceptibilidad a Movimientos de Remoción en Masa

## Resumen

**Título:** Cartografía y Caracterización Geológica del Asentamiento Humano Rincón de la Paz, Comuna 5 del Municipio de Bucaramanga, Santander. Sector Localizado dentro de la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

**Autor:** Carlos Andrés Guerra Morales

**Palabras Clave:** Cartografía, Susceptibilidad, Remoción en Masa, Asentamiento Humano, Corporación Regional.

### Descripción:

En este proyecto se realiza un estudio de cartografía y caracterización geológica del asentamiento humano Rincón de La Paz, ubicado en la comuna 5 del municipio de Bucaramanga, que tiene como objeto elaborar y presentar un diagnóstico de susceptibilidad por movimientos en masa. Cabe resaltar que el terreno en el que se ubican las viviendas del asentamiento se encuentra en propiedad de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y que sus primeros habitantes se alojaron hace más de 30 años, por lo cual es de suma importancia para la Corporación realizar los estudios que determinen que viviendas son aptas para recibir los títulos de propiedad por posesión o cuales deben ser desalojadas debido a que son susceptibles a una afectación por movimientos de remoción en masa o inundación.

En el proyecto se cartografiaron las unidades geológicas para ingeniería, la cobertura del suelo, unidades geomorfológicas y morfodinámicas, junto con los resultados de las zonas más propensas a deslizamientos y el inventario de obras de mitigación de riesgos presentes en el área de estudio, información que identifica los sectores que se deben priorizar en el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo y consecuentemente lograr la legalización del asentamiento y la posterior inversión por parte de las entidades competentes, que contribuya al desarrollo de las familias ubicadas en el sector.

---

Trabajo de grado.

Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez,  
Doctor en Ciencias Geológicas.

### **Abstract**

**Title:** Cartography and Geological Characterization of the Human Settlement Rincon de la Paz, Commune 5 of the Municipality of Bucaramanga, Santander. Sector Located within the Jurisdiction of the Regional Autonomous Corporation for the Defense of the Bucaramanga Plateau (CDMB).

**Author:** Carlos Andrés Guerra Morales

**Keywords:** Cartography, Susceptibility, Mass Removal, Human Settlement, Regional Corporation.

**Description:**

In this project cartography and geological characterization study of the human settlement Rincón de La Paz, located in commune 5 of the municipality of Bucaramanga, is carried out, which aims to develop and present a diagnosis of susceptibility by mass movements. It should be noted that the land on which the houses of the settlement are located is owned by the Autonomous Regional Corporation for the Defense of the Bucaramanga Plateau (CDMB) and that its first inhabitants stayed more than 30 years ago, which is why it is of utmost importance for the Corporation to carry out the studies that determine which homes are apt to receive property titles for possession or which must be vacated because they are susceptible to an affectation by mass or flood removal movements.

The project mapped the geological units for engineering, ground cover, geomorphological and morphodynamic units, together with the results of the most prone areas to landslides and the inventory of risk mitigation works present in the study area, identifies the sectors that must be prioritized in the threat, vulnerability and risk analysis and consequently achieve the legalization of the settlement and the subsequent investment by the competent entities, which contributes to the development of the families located in the sector.

---

Bachelor Thesis.

Faculty of Physical-Chemical Engineering. School of Geology. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez,

Doctor of Geological Sciences.

## **Introducción**

La práctica empresarial es una experiencia académica en la cual el estudiante entra en contacto e interactúa a través de proyectos específicos, con la realidad de contextos empresariales a nivel local, nacional o internacional en áreas de su profesión, en la cual aplica y fortalece competencias personales y profesionales (Universidad Industrial de Santander, 2015).

Este informe presenta los resultados del trabajo de grado en modalidad Práctica Empresarial, realizado en el marco de las actividades de campo y oficina que fueron desarrolladas.

En este proyecto se realiza un estudio de cartografía y caracterización geológica del asentamiento humano Rincón de La Paz, ubicado en la comuna 5 del municipio de Bucaramanga, que tiene como objeto elaborar y presentar un diagnóstico de susceptibilidad por movimientos en masa, en el que se incluyan los mapas de pendientes, cobertura del suelo, unidades geológicas para ingeniería, geomorfología y morfodinámica, junto con los resultados de las zonas más propensas a deslizamientos y el inventario de obras de mitigación de riesgos presentes en el área de estudio, a fin de que con este estudio se puedan desarrollar medidas que contribuyan a la mitigación del riesgo por parte de las entidades competentes del municipio de Bucaramanga, acción que conlleva a mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en el sector.

## **Planteamiento del Problema**

Debido al crecimiento demográfico y la llegada de migrantes de las zonas rurales, obligados a abandonar su territorio por múltiples motivos, se genera la necesidad de obtención de vivienda

por parte de estas comunidades, generando asentamientos humanos que se encuentra fuera de las normas establecidas dentro del plan de ordenamiento territorial. Dichos asentamientos combinados con la sobreexplotación de los recursos naturales y los efectos cambiantes del clima, originan eventos con efectos indeseables como pérdidas humanas, materiales y una grave afectación ambiental.

En la coyuntura de los hechos se han identificado las poblaciones vulnerables a eventos naturales y que en la actualidad se encuentran ubicadas en zonas propensas a desastres, una de ellas es el asentamiento Rincón de La Paz, perteneciente a la comuna 5 del municipio de Bucaramanga.

### **Desarrollo de Antecedentes**

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) no fue puesta en conocimiento sobre la existencia de estudios previos hechos en el asentamiento humano Rincón de La Paz.

Cabe resaltar que el terreno en el que se ubican las viviendas se encuentra en propiedad de la CDMB y que sus primeros habitantes se alojaron hace más de 30 años, por lo cual es de suma importancia para la Corporación realizar los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, y de esta manera determinar que viviendas son aptas para recibir los títulos de propiedad por posesión o cuales deben ser desalojadas debido a que son susceptibles a una afectación por movimientos de remoción en masa o inundación.

### **Propósito**

La intención de este trabajo es cartografiar y caracterizar las unidades geológicas, geomorfológicas y la cobertura del suelo en el área de trabajo, información que es de gran interés para la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), debido a que estos resultados se verán reflejados en un informe que sirve como insumo a posteriores estudios de evaluación y mitigación de la amenaza y vulnerabilidad de esta comunidad, en aras de la legalización del asentamiento y la consecuente inversión por parte de las entidades competentes, que contribuya al desarrollo de las familias ubicadas en el sector.

### **Fundamentación**

El desarrollo de este trabajo busca elaborar a través de modelos cartográficos la geología, cobertura del suelo y el estado geomorfológico en el asentamiento humano ubicado en el sector Rincón de La Paz, localizado en la comuna 5 de Bucaramanga.

La susceptibilidad que presenta el sector a movimientos de remoción en masa e inundación hace pertinente la elaboración de mecanismos y acciones que permitan a través de estudios como este, minimizar el riesgo, e implementar las obras que garanticen la estabilidad del terreno y se puedan incorporar a las áreas urbanas habitables de la ciudad, con las garantías de inversión que esto conlleva.

Una vez se realice la toma de datos e inspección de campo, se generarán los insumos para la elaboración de los mapas que permiten establecer las zonas más propensas a afectación por fenómenos naturales y cuyo resultado identifica las zonas que se deben priorizar en el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Cartografiar y caracterizar las unidades geológicas, geomorfológicas y la cobertura del suelo y generar un análisis de la susceptibilidad a los eventos de remoción en masa del asentamiento humano Rincón de La Paz, perteneciente a la comuna 5 del municipio de Bucaramanga.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar columnas estratigráficas junto con la descripción litológica de las unidades presentes en el área de estudio a escala 1:100.
- Generar una cartografía a escala 1:750, que permita identificar las unidades geológicas para ingeniería en el sector.
- Originar los planos de geomorfología y cobertura del suelo a escala 1:750, incluyendo una delimitación de las zonas propensas a erosión y remoción en masa.
- Crear un modelo de susceptibilidad a movimientos de remoción en masa en el asentamiento Rincón de La Paz, con el fin de reconocer los sectores que se deben priorizar en el plan de mitigación de riesgos.

- Realizar actividades de la subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial, asignadas por el supervisor, para aplicar competencias profesionales y personales.

## **2. Marco Referencial**

### **2.1 Geología Regional**

Las unidades geológicas regionales se caracterizan por ser de tipo ígneo, metamórfico y sedimentario que van desde el Precámbrico hasta el Cuaternario. A continuación, se realiza una descripción generalizada de las unidades temporales de acuerdo al mapa geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga (ver figura 1) y se define con mayor énfasis la formación Bucaramanga y cada uno de sus miembros, debido a que sobre esta unidad se ubica el asentamiento que es objeto de estudio.

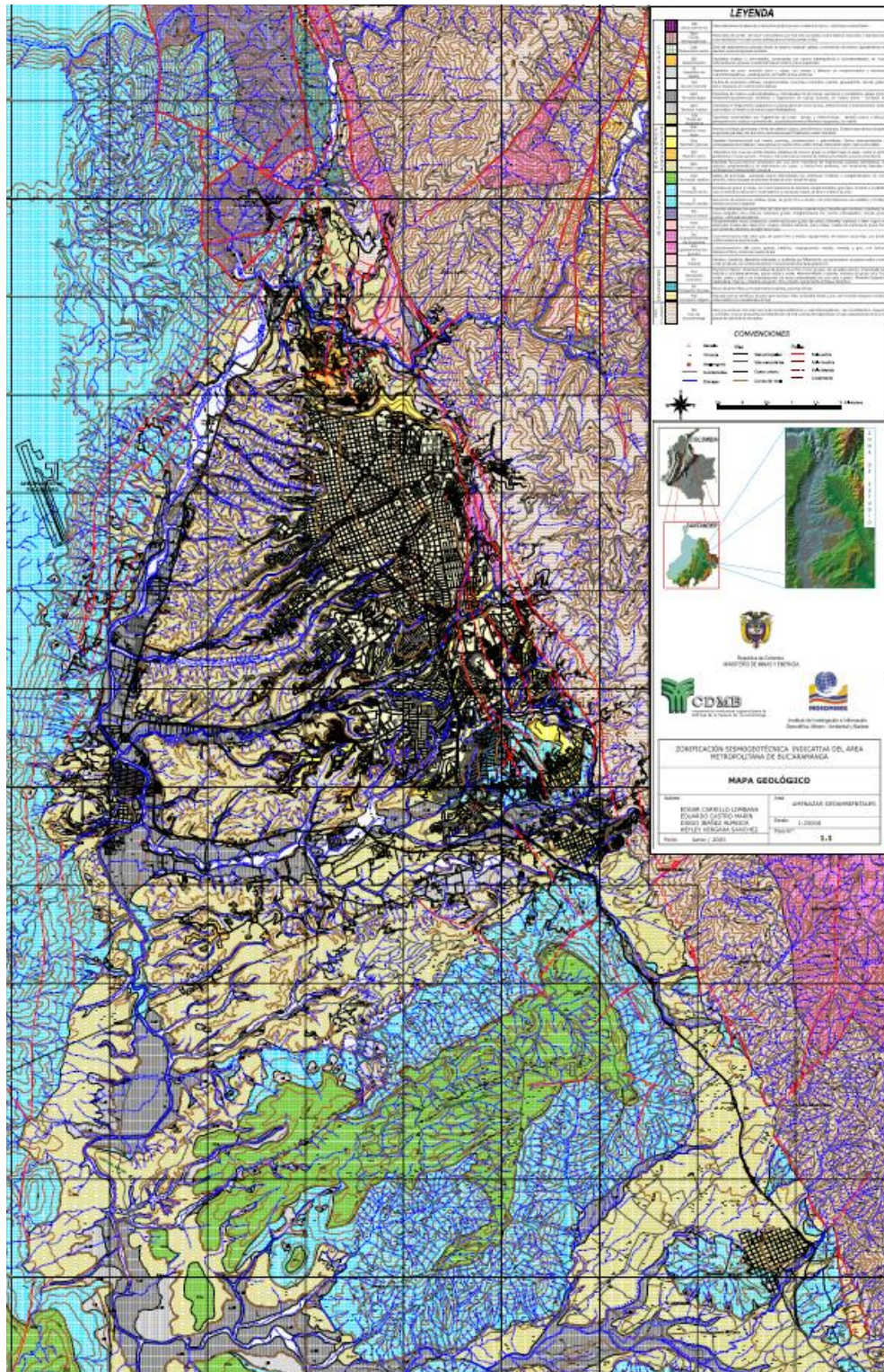


Figura 1. Mapa Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga, Tomado de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del área Metropolitana de Bucaramanga (INGEOMINAS, 2001). (Apéndice A).

De acuerdo al Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS, 2001) “las Unidades Litoestratigráficas más antiguas, de origen metamórfico-ígneo, tipo neis, esquisto, migmatita y pequeños intrusivos de granodiorita, han sido agrupadas dentro del Neis de Bucaramanga (PEb) de edad Precámbrico. Esta unidad, junto con Stocks de composición ácida de edad Jurásico y Triásico (JRcg, TRt) afloran en el bloque montañoso ubicado al nororiente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta conformando un gran volumen rocoso conocido con el nombre de Macizo de Santander”, (Ver figura 1).

“Afloramientos de rocas metamórficas del Paleozoico inferior, que conforman la formación Silgará (PDs), aparecen en pequeñas franjas al oriente y suroriente del casco urbano de Piedecuesta, y nororiente de Bucaramanga, asociadas al sistema de fallas de Bucaramanga” (SGC, 2001). “Al extremo norte del Área Metropolitana de Bucaramanga afloran también rocas sedimentarias de la formación Floresta (PDf), abarcando una delgada franja de dirección norte sur” (INGEOMINAS, 2001).

“Rodeando el perímetro del Área Metropolitana de Bucaramanga, se presentan extensiones notables de rocas sedimentarias clásticas, de edad Jurásico, conformando la formación Jordán (Jj) ubicada al noroccidente de Bucaramanga, norte de Floridablanca y alrededores de Piedecuesta, (Ver figura 1). La formación Girón (Jg) se ubica principalmente al occidente del Área Metropolitana de Bucaramanga, noroccidente de Piedecuesta y Norte de Floridablanca constituyendo en su mayor parte, el basamento que subyace los depósitos aluviales sobre los cuales está construida la ciudad de Bucaramanga” (INGEOMINAS, 2001).

“Otras rocas sedimentarias de edad Triásico hacen parte de la formación Bocas (TRb) que se presenta al norte de Bucaramanga” (INGEOMINAS, 2001).

“Rocas sedimentarias Cretácicas de la formación Tambor (Kita) se encuentran al sur y suroccidente del Área Metropolitana de Bucaramanga” (INGEOMINAS, 2001).

“Al norte de Bucaramanga han sido reconocidas dos unidades litológicas, de extensión relativamente pequeña, denominadas formación Diamante (PCd) y formación Tiburón (TRPt). Se trata de rocas calcáreas, de edad Carbonífero y Pérmico respectivamente, (Ver figura 1). Utilizadas como materia prima por la industria cementera” (INGEOMINAS, 2001).

Suprayaciendo las rocas anteriores se presentan depósitos detríticos de edad Cuaternaria, que se encuentran formados por bloques, cantos, gravas, arenas, limos y arcillas, mezclados en proporciones variables, provenientes en su mayor parte de la acción denudatoria sobre las rocas del Macizo de Santander. “Entre estos materiales se destaca el gran depósito de la formación Bucaramanga conformada de base a techo por el miembro Órganos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr). Morfológicamente se observan conos de deyección producidos por flujos de escombros y detritos (Qfe) provenientes del Macizo de Santander, que bajaron a lo largo de los valles de algunos ríos y quebradas, sobre los cuales se encuentran las localidades de Floridablanca y Piedecuesta” (INGEOMINAS, 2001).

“Existen también depósitos aluviales (Qal, Qal1 y Qal2), distribuidos de acuerdo a su posición en los valles de los principales ríos, donde se localiza parte de la población de Girón. Localmente se presentan depósitos coluviales de ladera (Ql), la mayoría de pequeña extensión, provenientes en gran parte de movimientos de remoción en masa o por efectos de la gravedad los cuales se acumulan en las laderas o pie de éstas. Dentro de los movimientos de remoción en masa se separó la unidad de Deslizamientos (Qd) ubicada en el escarpe norte de Bucaramanga, y de acuerdo a su actividad se dividió en Deslizamientos Activos (Qda) y Deslizamientos Inactivos

(Qdi) y por último se separaron las zonas de Llenos Mecánicos (Qllm) y Sanitarios (Qlls), correspondiendo a este último el relleno de basuras del Carrasco” (INGEOMINAS, 2001).

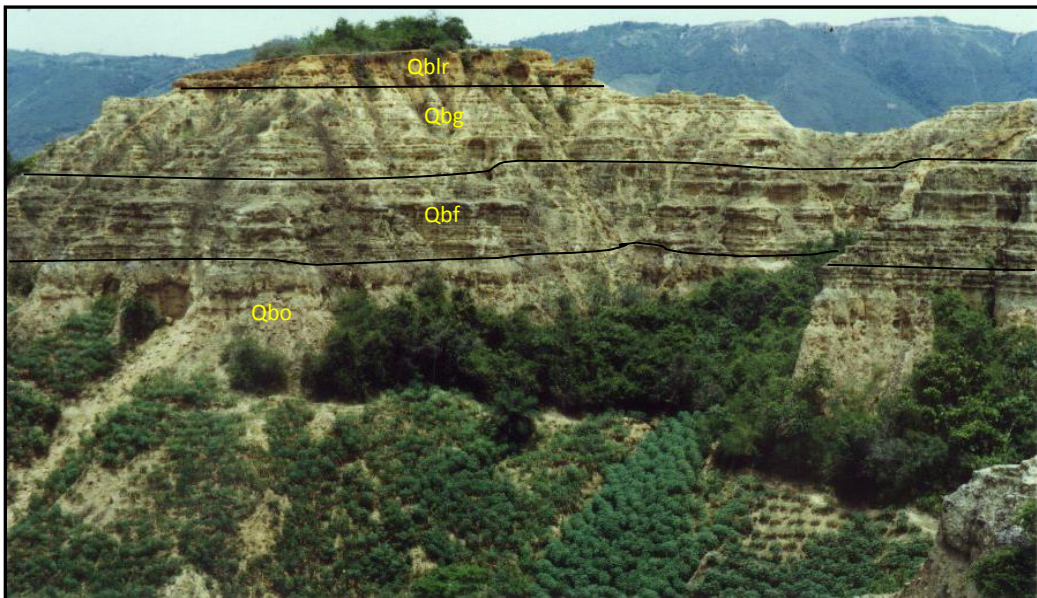
**2.1.1 Formación Bucaramanga.** “La formación Bucaramanga fue descrita inicialmente por De Porta (1958). Se trata de un importante depósito sedimentario de edad Cuaternaria que morfológicamente corresponde a un abanico aluvial erosionado, posiblemente asociado en su mayor parte al río Suratá, acumulado sobre una depresión de origen tectónico, sobre el cual se ubica el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga. Este abanico limita al nororiente y oriente con el Macizo de Santander, al noroccidente y occidente con el cerro de Palonegro y el río de Oro, y al sur con la Mesa de Ruitoque. Presenta una superficie suavemente ondulada, con pendiente ligeramente inclinada al occidente, entre 2° y 7°, y una extensión aproximada de 60 a 80 km<sup>2</sup>. La formación Bucaramanga es disectada por varias quebradas, la mayoría afluentes del río de Oro, conformando un drenaje dendrítico subparalelo” (INGEOMINAS, 2001).

“De Porta (1958) divide la formación Bucaramanga en los siguientes niveles: a) un paquete inferior con más de 150 m de espesor, conformado por niveles discontinuos de gravas, clasto soportado, con lentes arenosos intercalados; b) una capa relativamente delgada de 10 a 18 m de espesor, ubicada en la parte intermedia a alta, compuesta de sedimentos arcillosos, la cual se extiende por una buena parte de la terraza; y c) un nivel superior de 8 a 15 m de espesor, constituido por una mezcla de fragmentos angulares gruesos y finos arenosos” (INGEOMINAS, 2001).

“Algunos trabajos recientes proponen 5 miembros definidos de base a techo como: Calcáreo, Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos. Dos de ellos propuestos por Hubach, (1952) y tres por Niño y Vargas, (1992). Es importante destacar que las relaciones estratigráficas del miembro

Calcáreo, descritas por Niño y Vargas, con respecto al miembro Órganos, no se pudieron determinar durante el trabajo de campo, debido a que el denominado miembro Calcáreo no presenta límites estratigráficos claros que permitan separarlo del Órganos, no presenta distribución lateral y se observa en forma de lentes locales en la quebrada La Picha, al noroccidente del Área Metropolitana. Lo anterior indica que el denominado miembro Calcáreo forma parte del miembro Órganos; por lo tanto, teniendo en cuenta las clasificaciones hechas por Hubach (1952) y Niño y Vargas (1993), se propone dividir la formación Bucaramanga, de base a techo, en los siguientes miembros: miembro Órganos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr)” (INGEOMINAS, 2001). (Ver figura 2).

“De acuerdo con las dataciones paleomagnéticas publicadas en el proyecto hidroeléctrico Fonce-Suárez, la parte más antigua de la formación Bucaramanga tiene unos 730.000 años ubicándola dentro del Pleistoceno medio-superior” (INGEOMINAS, 2001).



*Figura 2.* Panorámica de los miembros que conforman la formación Bucaramanga. De base a techo: Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg) y Limos Rojos (Qblr). Margen derecha de la quebrada La Joya, vista desde el barrio Campo Hermoso. Tomado de INGEOMINAS, (2001).

**2.1.1.1 Miembro Órganos (Qbo).** “Aflora en las laderas y escarpes de la parte occidental de la Meseta de Bucaramanga y el Área Metropolitana, en los alrededores del municipio de Girón, anillo vial, en las estribaciones de la parte norte de la mesa de Ruitoque y en los cortes de la carretera que comunica la población de Girón con la ciudad de Bucaramanga” (INGEOMINAS, 2001). (Ver figura 3).

“De acuerdo con Bueno y Solarte (1994), corresponde a una serie monótona de niveles polimícticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, en alternancia con capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura. Hubach (1952) describe niveles lenticulares limo arenosos, con espesores hasta de 5 m” (INGEOMINAS, 2001).

“Los niveles de aspecto “conglomerático” conforman depósitos de gravas y bloques, débilmente consolidados, clasto soportados (60%) y grano soportados (40%), dispuestos en forma de capas gruesas a muy gruesas, con espesores hasta de 15 m. El tamaño de los cantos varía entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 1 metro de diámetro. Estos se componen en su mayoría de areniscas silíceas de grano medio, bien cementadas y en menor proporción de fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neis micáceo de color amarillo a rosado, areniscas lodosas rojizas de grano fino y alto contenido de micas, cuarzo lechoso, liditas y cherts. Todos los fragmentos tienen formas redondeadas a sub redondeadas, esfericidad baja a media y mala selección. Los niveles gravosos presentan matriz arcillosa, pardo amarillento, con algunas variaciones a gris amarillento. Los feldepatos en las rocas se encuentran moderadamente meteorizados” (INGEOMINAS, 2001).

Los niveles finos corresponden a arcillas arenosas y arenas arcillosas compactas, de consistencia firme, ligeramente micáceas, con trazas de materia orgánica, Su origen se relaciona con depósitos cíclicos intercanales Bueno y Solarte, (1994).

“El ambiente de depositación de este miembro se relaciona con flujos de escombros y flujos torrenciales, e interdigitación de facies de corrientes de canal, correspondiendo a la parte proximal y media del Abanico de Bucaramanga. La edad del Miembro Órganos podría abarcar el Pleistoceno medio” (INGEOMINAS, 2001).

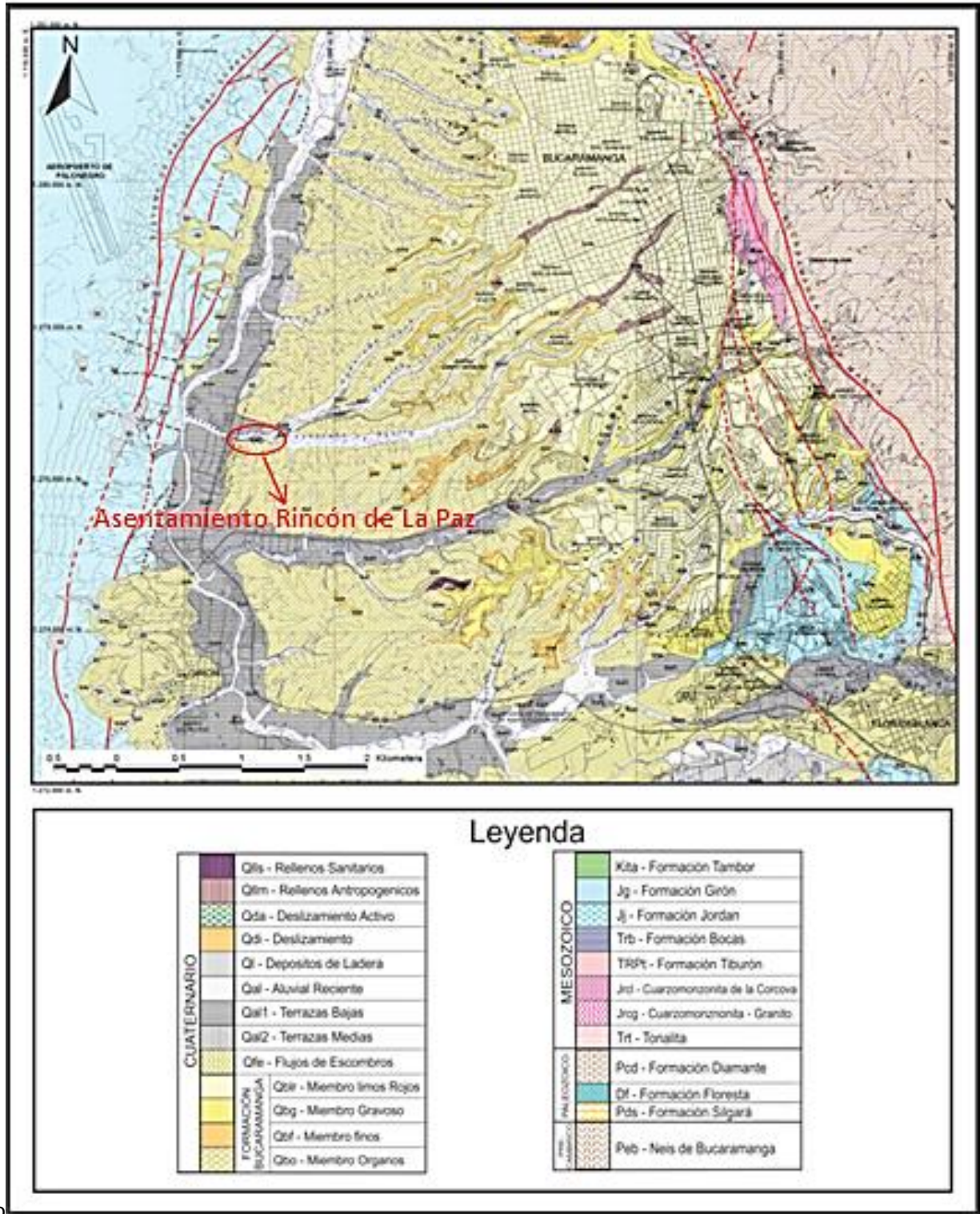


Figura 3. Distribución de la Formación Bucaramanga en el Área Metropolitana de Bucaramanga, Tomado y modificado de INGEOMINAS, (2001).

**2.1.1.2 Miembro Finos (Qbf).** “Éste nivel fue reconocido y definido por Hubach (1952). Se ubica estratigráficamente entre el nivel inferior de la Formación Bucaramanga (Miembro Órganos) y el nivel superior (Miembro Gravoso) en contactos netos plano paralelo. Es una extensa capa lenticular horizontal, más o menos continua, de unos 15 m de espesor promedio, donde alternan niveles arcillosos, limoarenosos y arenolimosos, de colores gris verdosos.

La geometría de sus niveles es tabular a lenticular, con espesores que oscilan entre 5 y 40 cm, de estratificación plana paralela, cruzada y ondulosa. La secuencia del miembro Finos se puede dividir en dos conjuntos: 1) *Conjunto Arcilloso*: Localizado hacia la base, se caracteriza por ser arcillo-limoso, masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plana paralela, en donde el espesor varía ampliamente. 2) *Conjunto Arenoso*: Se localiza hacia el techo, donde muestra una alternancia de niveles arenolimosos con niveles limoarenosos arcóscicos de colores amarillento a pardo amarillento. Hacia la base de este conjunto predominan costras y un nivel arcilloso pardo oscuro” (INGEOMINAS, 2001).

“El ambiente de depositación de este miembro es de depósitos de ambiente aluvial de intercanales poco profundo, de baja energía y de escasas interdigitaciones de flujo de escombros de facies arenosas” (INGEOMINAS, 2001).

**2.1.1.3 Miembro Gravoso (Qbg).** “Definido por Niño y Vargas (1992), ubicado sobre la escarpa occidental y norte de Bucaramanga, (Ver figura 3), también conforma los escarpes superiores de la parte alta del nacimiento de la quebrada La Iglesia, en los alrededores de los barrios Lagos del Cacique, Diamante II y San Luis. Otras secciones importantes se localizan en los barrios La cumbre, La Feria, Polvorines, Don Bosco y la vía a Café Madrid” (INGEOMINAS, 2001).

“La morfología que presenta el miembro Gravoso es similar a la del Órganos en los sectores de los valles de las quebradas, pero hacia la parte sur de la quebrada la Iglesia la morfología corresponde a colinas suaves onduladas, con un drenaje dendrítico” (INGEOMINAS, 2001).

“Los depósitos que conforman el miembro Gravoso presentan un grado de meteorización medio a alto. Los bajos porcentajes de humedad natural ( $W < 15\%$ ), el predominio granular y el grado de meteorización sugiere que, al menos la parte superficial de este miembro, tiene poca compactación y buena permeabilidad. El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de escombros” (INGEOMINAS, 2001).

**2.1.1.4 Miembro Limos Rojos (Qblr).** “Nivel definido por Julivert (1963). Este miembro se localiza en el sector urbanizado de Bucaramanga, aunque no en forma uniforme y se continúa hacia el sur, hasta el sector norte del municipio de Floridablanca” (INGEOMINAS, 2001). (Ver figura 3).

“Está constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Se observó la presencia esporádica de bloques angulares de arenisca asociados superficialmente a este miembro; estos cantos pueden estar embebidos dentro de limos rojos y se

caracterizan por estar meteorizados. Suprayace al segmento gravoso y su contacto con éste es gradacional” (INGEOMINAS, 2001).

“La parte más superficial de este miembro se encuentra altamente meteorizada, formándose en algunos sectores niveles de oxidación que le ayudan a incrementar su compactación y resistencia a la erosión. El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de lodos combinados con caídas de bloques de la pendiente del macizo” (INGEOMINAS, 2001).

**2.1.2 Geología Estructural.** Esta región, comprende el macizo de Santander, y estructuralmente, se encuentra en un ambiente tectónico compresivo, resultado del choque entre las placas Caribe y suramericana, lo cual generó desplazamientos rumbo-deslizantes en el Noroeste de Suramérica. El principal rasgo estructural es el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta, la cual tiene una extensión aproximada de 600 km, cruzando la región centro-oriental hasta la costa nor-oriental de Colombia; también se pueden reconocer el sistema de Palestina, Otú-Pericos en Colombia, y las fallas del Pilar y Boconó de Venezuela. A continuación, se describen las principales estructuras presentes en la zona de estudio:

**2.1.2.1 Sistema de Fallas de Bucaramanga.** “El sistema de fallas de Bucaramanga, se extiende desde el municipio de Curumaní y el extremo Noroccidental del Macizo de Santander, (ver figura 4). Generalmente dicho sistema tiene dirección aproximada N20°W y su trazo es rectilíneo, siendo considerado un sistema de fallas de rumbo con movimiento sinistral” (Campbell, 1965; Boinet et al., 1989; León, 1991; Vargas y Niño, 1992; Clavijo et al., 1993; Clavijo et al., 1994), cuyo desplazamiento ha sido estimado entre 40 y 240 km (Alberding, 1957; Campbell, 1965; Tschanz et al., 1969, 1974; Etayo y Rodríguez, 1985; Gansser 1955; Toro 1990). Aunque otros autores reportan para esta falla una componente de desplazamiento vertical importante (Julivert et al, 1958, 1961; Ward et al., 1973; París y Sarria, 1988, Royero, 1994) que permite interpretar en algunos sectores movimientos de tipo inverso con buzamientos hacia el este (de ángulo bajo a alto), y en su extremo sur cabalgamientos (Boinet, 1985; Cediel et al., 2003).

Según (Cárdenas et al. 2013) “para la edad de la falla se han propuesto los siguientes periodos: Eoceno (Young et al., 1956), PostCretácea (Irving, 1971), finales del Mesozoico o principios del Terciario (Tschanz et al., 1974), comienzos del Paleoceno (Cáceres et al., 1980), Terciario tardío y el Cuaternario (Campbell, 1965) y el lapso entre el Plioceno y el Pleistoceno (Duque-Caro, 1980). Cediel et al. (2003) Consideran activo al sistema durante la Orogenia Grenvilliana-Orinoco de aproximadamente 1200 m.a. como resultado de una colisión entre el Bloque Continental Norteamericano con el Escudo Guyanés, la cual conforma la porción norte de la paleosutura entre el Terreno Chicamocha (Dominio Subplaca Continental Central) y el Escudo”.

**2.1.2.2 Falla de Suarez.** Esta falla se extiende por una longitud de unos 120 km desde Barbosa al sur hasta la Falla de Bucaramanga, 5 km al norte de la capital santandereana, su trazo tiene una dirección N20°E y N25°E, con inclinación al occidente y sigue el curso de los ríos Suárez y Río de Oro, (Ver figura 4).

Es una falla inversa de ángulo alto, con una componente vertical importante. (París y Sarria, 1988) “calculan una velocidad de desplazamiento vertical de 0,1 mm/año; además, se trata de una falla de rumbo con desplazamiento sinistral”. “El desplazamiento vertical se ha calculado entre 400 y 2.300 m” (WARD et al., 1973).

“La Falla del Suárez, al occidente del pueblo de Girón afecta capas de la Formación Girón, las cuales se pliegan por arrastre, alcanzando posiciones verticales y en algunos casos invertidos. En cercanías de la falla se observa un fuerte fracturamiento y un alto grado de meteorización de las rocas hasta el punto de llegarse a confundir con depósitos cuaternarios” (Julivert, 1963).

**2.1.2.3 Falla de Suratá.** “Presenta un rumbo predominante N15°E, y su trazo sigue el curso del Río Suratá, y se prolonga en el Departamento de Norte de Santander, (ver figura 4). Es una falla inversa de ángulo alto y su plano de falla buza al noroccidente. La evolución tectónica de esta falla es compleja, con movimientos relativos PreCretácicos de distensión, en donde el bloque occidental se hunde y PostCretácicos de tipo compresivo relacionado con la orogénesis Terciaria”, según (Julivert y Téllez 1963).

“La Falla de Suratá actualmente es inversa con el bloque noroccidental levantado y también tiene desplazamiento de rumbo lateral derecho, y afecta la Falla Bucaramanga por lo menos en unos 750 m, al norte de Bucaramanga” (Ward, et al., 1973).

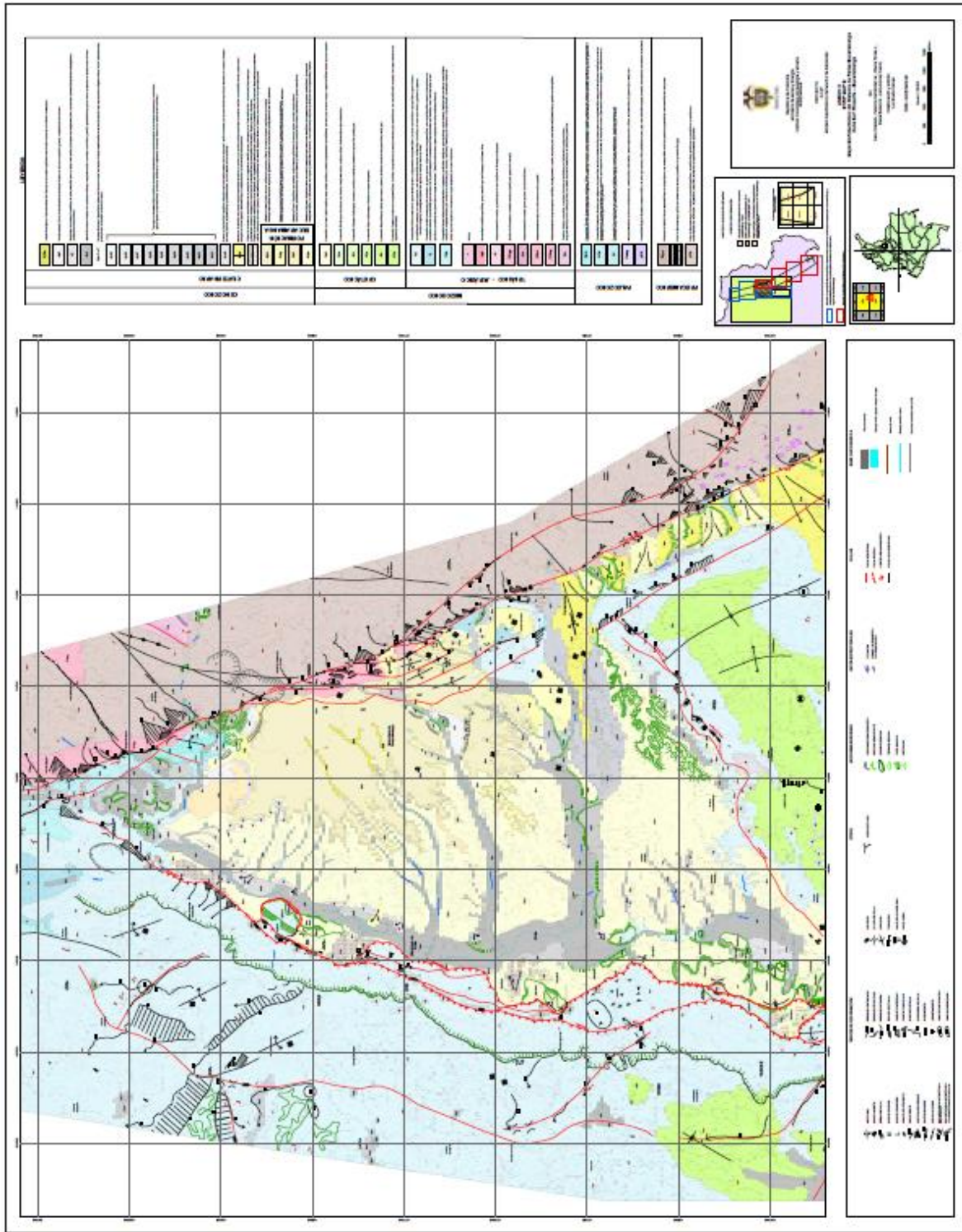


Figura 4. Mapa Morfotectónico del Sistema de Fallas Bucaramanga. Zona Sur: Ricaurte- Bucaramanga. Tomado y modificado de Modelo Geodinámico del Macizo de Santander. INGEOMINAS (2008). (Apéndice B).

### **3. Marco Legal**

El siguiente marco legal muestra en resumen el contenido legislativo y los aspectos normativos que fundamentan el contenido de este proyecto:

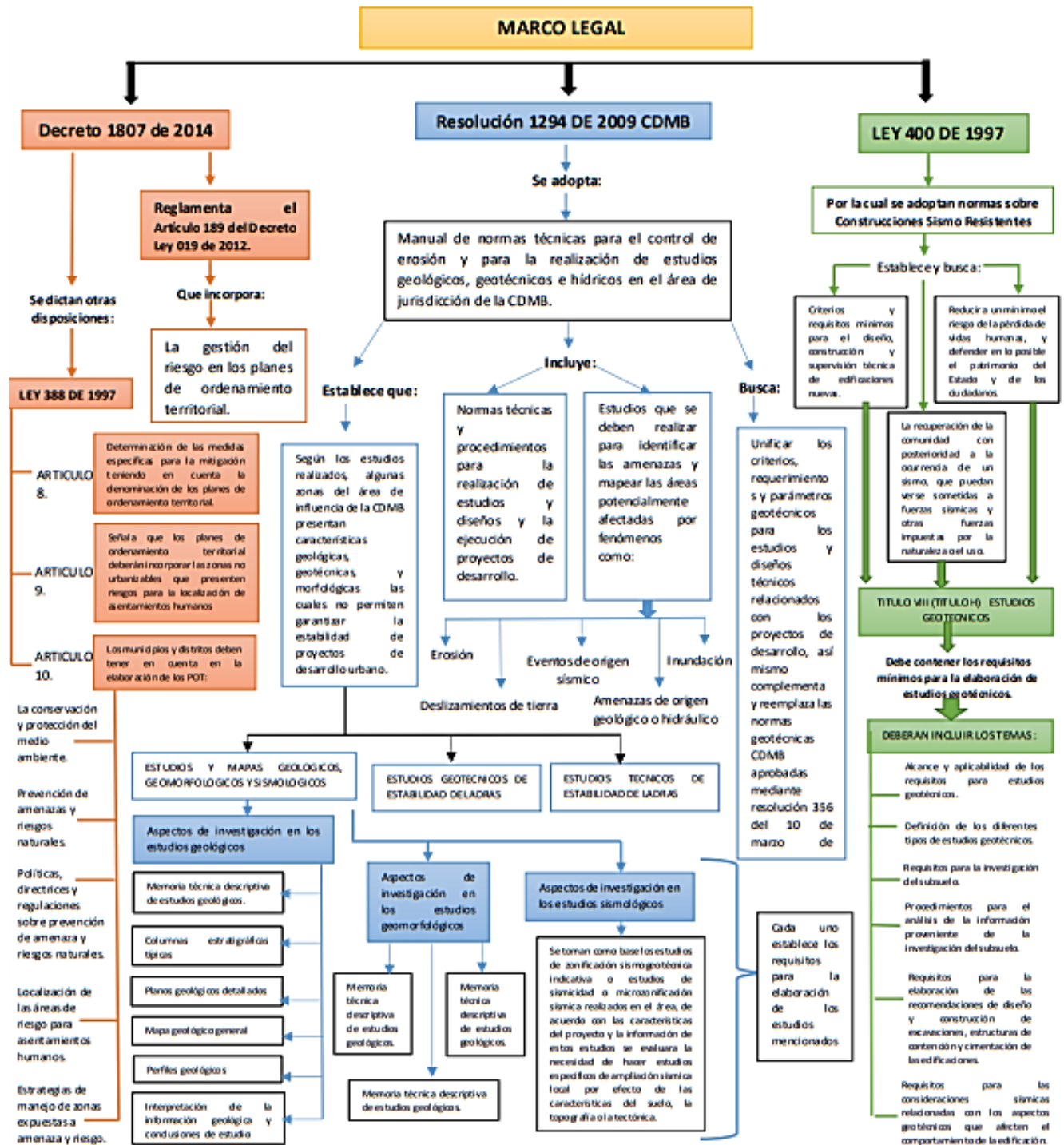


Figura 5. Mapa conceptual con la normativa legal vigente, para la aplicación del proyecto, parte 1. (Apéndice C).

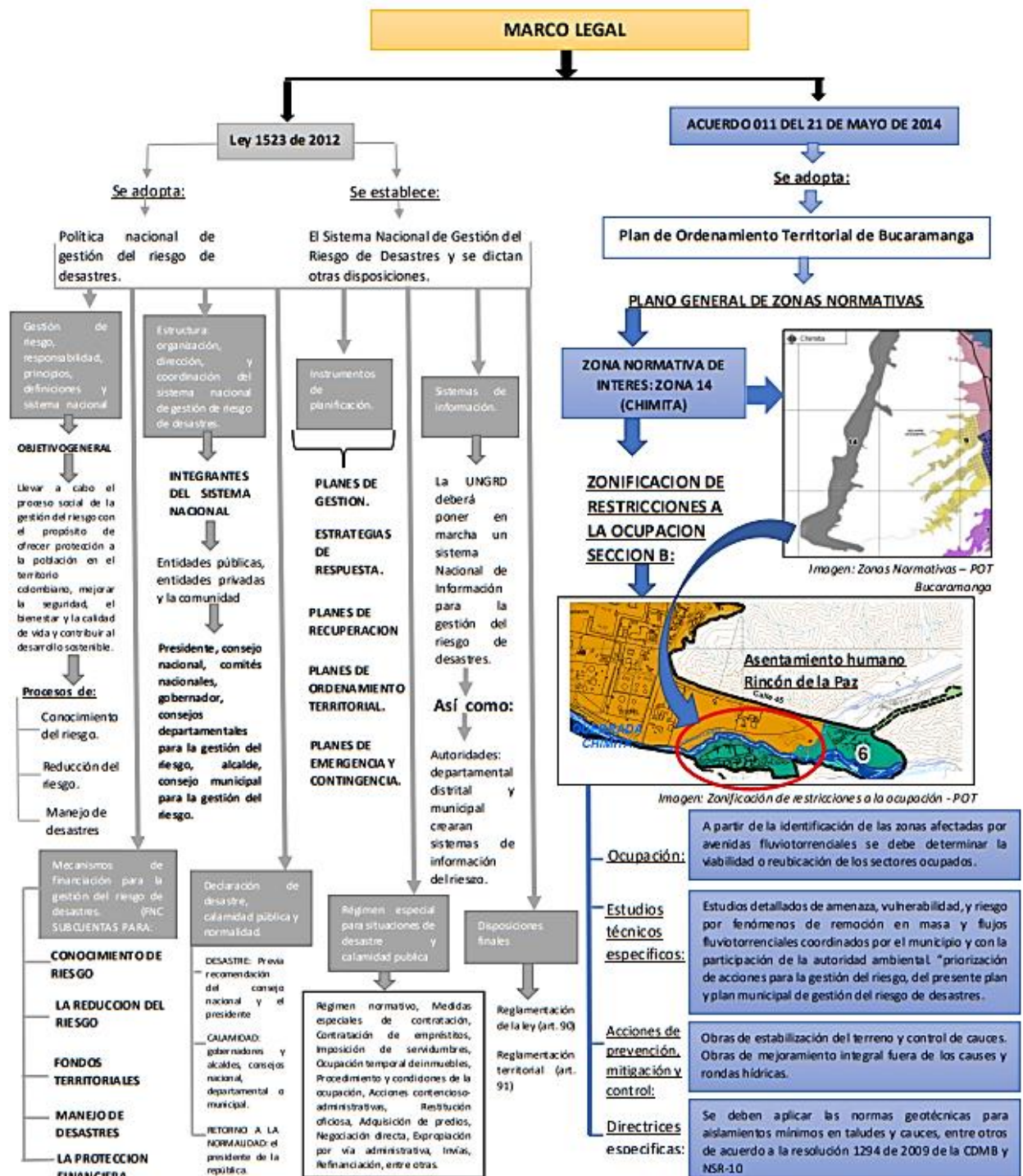


Figura 6. Mapa conceptual con la normativa legal vigente, para la aplicación del proyecto, parte 2. (Apéndice D).

## **4. Flujo de Trabajo**

La metodología aplicada al trabajo se enmarca dentro de las investigaciones: bibliográfica, descriptiva y de campo, y se presenta como el desarrollo del procedimiento que permite cumplir con cada uno de los objetivos propuestos, esta metodología se divide en tres fases que se nombran en orden de cumplimiento.

### **4.1 Fase de recopilación Bibliográfica**

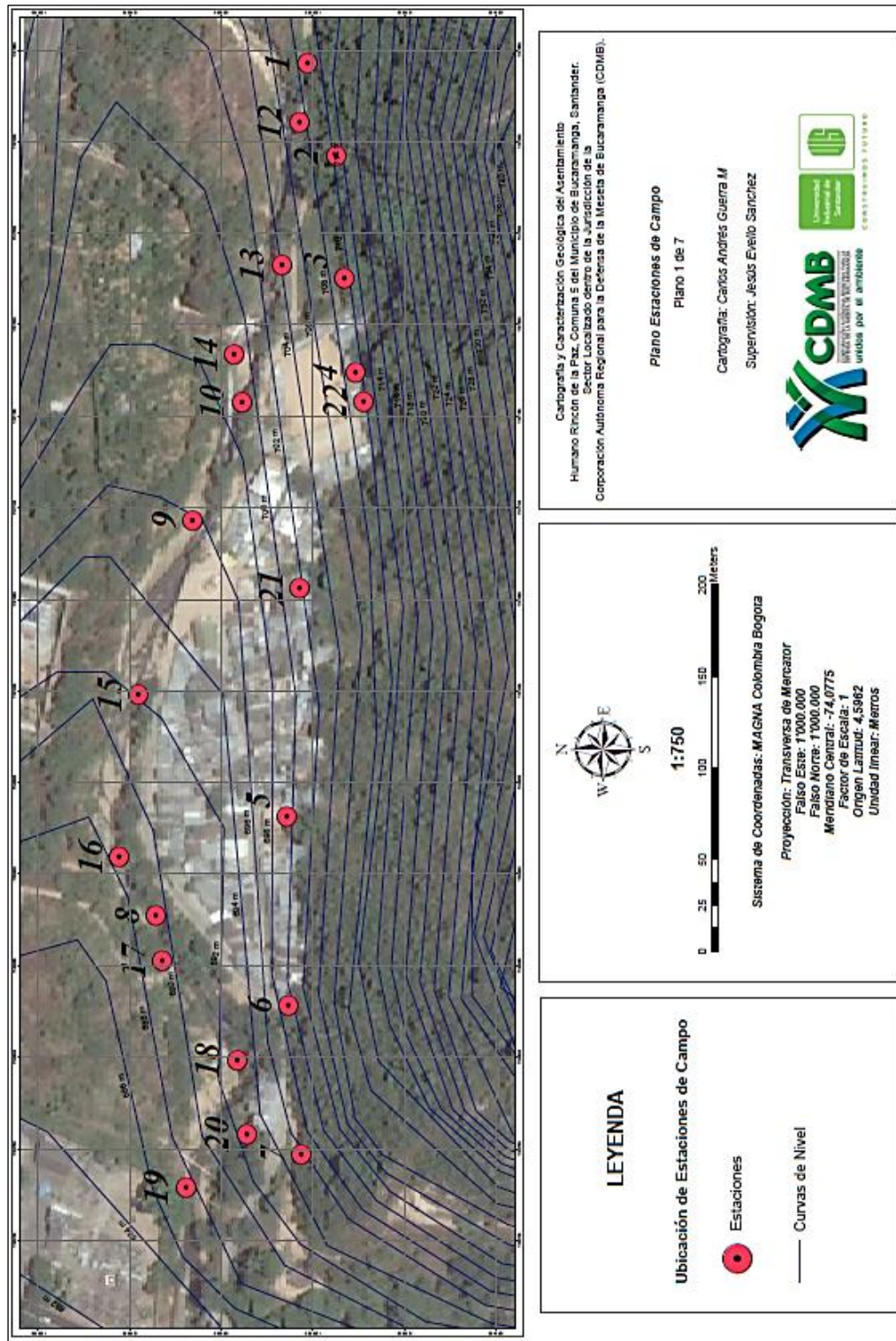
En esta fase se colectó la mayor cantidad de información disponible, que incluye: información bibliográfica para el entendimiento y comprensión de conceptos e información geológica que tenga relación con la zona de estudio, así como las memorias explicativas del Servicio Geológico Colombiano.

Se buscó información acerca de los estudios geológicos realizados en la zona, donde se tuvieron en cuenta boletines, revistas y artículos científicos, libros, páginas web relacionadas, evolución geológica, marco tectónico regional, estratigrafía, geología estructural de la zona, etc. Esta recopilación de información se realizó desde la base de datos de la Universidad Industrial de Santander, archivos de la CDMB y algunos recursos electrónicos existentes.

Con la cantidad de información recolectada se procedió a realizar la selección del material. Para ello, se evaluó la relación que tenía esta información con el área de estudio y la relevancia que esta implicaba en el resultado del proyecto.

## **4.2 Fase de Campo**


La fase de campo se desarrolló en el área comprendida por el asentamiento Rincón de La Paz, perteneciente a la comuna 5 de Bucaramanga. En campo se hace un recorrido que cuenta con una cantidad de 22 estaciones como se listan en el mapa, (Ver figura 7), en cada una de ellas se reconocieron las unidades geológicas presentes y se realizó su respectiva caracterización macroscópica. Así mismo, se realizó un reconocimiento de la geomorfología, un análisis de la cobertura del suelo actual y se delimitaron deslizamientos y zonas propensas a erosión y remoción en masa. La información colectada se plasmó mediante fotografías y mapas digitalizados con su respectiva georreferenciación.



Cartografía y Caracterización Geológica del Asentamiento Humano Rincón de la Paz, Comuna 5 del Municipio de Bucaramanga, Santander. Sector Localizado dentro de la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

**Plano Estaciones de Campo**  
Plano 1 de 7

Cartografía: Carlos Andrés Guerra M.  
Supervisión: Jesús Ezequiel Sánchez



**LEYENDA**

Ubicación de Estaciones de Campo

Estaciones

Curvas de Nivel

**1:750**

0 25 50 100 150 200 Meters

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogota

Proyección: Transversa de Mercator  
Falso Este: 1'000.000  
Falso Norte: 1'000.000  
Meridiano Central: -74.0775  
Factor de Escala: 1  
Origen Latitud: 4.5962  
Unidad lineal: Metros

Figura 7. Plano de estaciones de campo. (Apéndice E).

### 4.3 Fase de Oficina

En esta etapa se analizó todo el material colectado en campo y se procedió a digitalizar la información para realizar la correspondiente cartografía geológica de superficie junto con sus respectivas columnas estratigráficas, la caracterización geomorfológica y morfodinámica del área, el análisis de la cobertura del suelo actual; aparte de ello se generó un mapa de pendientes y uno de susceptibilidad a movimientos de remoción en masa.

A continuación, se menciona el procedimiento y la nomenclatura usada para cada uno de los respectivos entregables:

**4.3.1 Cartografía Geológica.** La cartografía y descripción de las unidades geológicas superficiales presentes en el asentamiento Rincón de La Paz, se realizó a escala detallada 1:750, Teniendo en cuenta la nomenclatura para la clasificación de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) propuesta en la (Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, del Servicio Geológico Colombiano, 2016), y la escala de colores para producción cartográfica se basa en el mapa de Unidades Geológicas Superficiales de la (Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa de Algunas Laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón – revisión, Informe Técnico del Servicio Geológico Colombiano, 2009).

La metodología del (SGC, 2016) “permite elaborar mapas a partir de las Unidades de Geología para Ingeniería (UGI), que son el insumo más importante desde el punto de vista de homogeneización de las características ingenieriles de los materiales del área de estudio. Las UGI permiten diferenciar tres aspectos fundamentales para obtener los modelos que permitan realizar los análisis de estabilidad: 1) diferenciar los materiales aflorantes entre suelos y rocas, 2)

definir los espesores de suelo o las características estructurales del macizo rocoso, y 3) caracterizar los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas” (Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, del Servicio Geológico Colombiano, 2016).

#### ***4.3.1.1 Criterios para la definición preliminar de las UGI***

- *Origen y Litología*

Como base para la generación de las UGI, se propone clasificar los materiales de acuerdo con su origen, donde se modificó a partir de las unidades geológicas superficiales propuestas por *Hermelin (1985)* y *Salazar (1995)* en (Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, del Servicio Geológico Colombiano, 2016), (Ver figura 8), En la zona de estudio se identificaron depósitos transportados del Miembro Órganos pertenecientes a la Formación Bucaramanga, depósitos transportados de terraza media y baja, material de coluvión reciente, depósito transportado aluvial reciente y depósitos antrópicos de lleno de escombros.

ORIGEN DE LA UGI	TIPO DE UGI
Derivadas de Roca In Situ	Roca inalterada
	Saprolito
	Suelo residual
Depósitos Aluviales	Aluviones recientes o de lecho de río
	Llanuras aluviales
	Abanicos o conos aluviales
	Terrazas aluviales
	Depósitos fluvio-torrenciales
Depósitos Lacustres y Paludales	Planicie lacustrina, artesa lagunar, plano
	Anegadizo
Depósitos de Ladera. de Vertiente o Coladas	Coluviones
	Talus
	Flujos (de lodo, tierra y de escombros)
	Derrubios de pendiente
Depósitos Costeros	Deltas, barras, playas, etc.
Depósitos Volcánicos	Tefras
	Surges
	Flujos de piroclastos
	Ignimbritas
	Flujos de lodos volcánicos
	Lahares
	Cenizas
	Coladas de lava
Depósitos Eólicos	Dunas, medanos
	Loess
	Cenizas volcánicas
Depósitos Glaciares	Morrenas y tilitas
	Fluvioglaciares. Valle glaciar, abanicos de lavado
Depósitos Antrópicos	Rellenos sanitarios
	Rellenos de excavaciones
	Escombreras o botaderos

Figura 8. Unidades Geológicas de Ingeniería según su origen. Tomado y modificado de Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, del Servicio Geológico Colombiano (2016).

- *Nomenclatura de las UGI*

Una vez establecidas las posibles UGI, identificadas preliminarmente por el origen y la litología, se definió la nomenclatura asociada, la cual se ajusta de acuerdo con la caracterización de los materiales en la fase de campo.

El sistema de nomenclatura que se siguió fue el siguiente:

- La primera letra, en mayúscula, indica si es roca (R) o depósito (D). En la fase de campo se reconocieron depósitos aluviales, por lo tanto, corresponde la letra (D).
- Si es depósito (D), la segunda letra indicara el origen: transportado (t), residual (r) o antrópico (a). en la zona de estudio de acuerdo al origen se reconocieron depósitos transportados y antrópicos.
- La tercera letra indica el tamaño del grano predominante o la textura del material (opcional).
- Se agregaron unas letras extras a la nomenclatura que son las siglas de cómo es reconocida la unidad geológica.

**4.3.2 Caracterización Geomorfológica.** La caracterización geomorfológica del presente estudio se basa en (La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011), y la escala de colores para producción cartográfica usados se basan en el (Mapa de Elementos Geomorfológicos de la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa de Algunas Laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón – revisión, Informe Técnico del Servicio Geológico Colombiano, 2009). Howard y Mitchell (1980) explican que la mejor manera de definir la geomorfología presente en una zona determinada es definiendo unidades homogéneas que sean claramente delimitables aproximándose a la escala que se requiera

Según la jerarquía y la escala se presenta una categorización geomorfológica. Para escalas detalladas mayores de 1:10.000 (INGEOMINAS, 2011). Se describe un Componente o elemento geomorfológico como la categoría definida por los rasgos del relieve definidos en sitios puntuales, tales como: escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos de

crestas y formas de valle, Los cuales se obtienen por el análisis detallado del terreno en una subunidad geomorfológica. Estos componentes o elementos aportan a la nomenclatura caracteres combinados de letras y números que simbolizan el origen de la geoforma, nombre de las unidades y subunidades, estos números podrían indicar la posición del componente en la subunidad. Preferiblemente los elementos deben cartográficamente ser diferenciados según el tipo de material y sus características utilizando el achurado y el color correspondiente también sugeridos en (INGEOMINAS, 2011).

De acuerdo a la Jerarquización geomorfológica propuesta y aspectos generales de la nomenclatura y la relación entre geoformas en cada división o categoría la zona a estudiar se encuentra dentro de la geomorfo-estructura del sistema montañoso de la Guyana, en el sistema orogénico Andino más exactamente en la provincia de la Cordillera Oriental de Colombia. Y debido a la escala usada para la cartografía se llega hasta el nivel inferior de la jerarquización que son los elementos o componentes geomorfológicos que se definen de acuerdo a las geoformas halladas en campo.

La nomenclatura utilizada para definir las unidades geomorfológicas presentes en la zona de estudio se explica a continuación:

- La primera letra depende del origen de la unidad geomorfológica, definiéndose así: Denudacional (D), Volcánico (V), Estructural (S), Fluvial y deltaico (F), Kárstico (K), Marino y costero (M), Glacial (G), Eólico: E, Antropogénicos(A).
- Las demás letras irán en minúscula y corresponden a iniciales del nombre de la unidad geomorfológica o combinación de letras que permitan asociar el símbolo con la unidad geomorfológica.

Escala: >1: 100.000  
 AMBIENTE MORFOGENETICO: Denudativo

COBERTURA	NOMBRE	ELEMENTO	TOPOLOGÍA	SIMB. ITC	SIMB. IGM	CODIGO	COLOR	CODCOL	OBSERVACIONES
UNIDADES GEOMORFOLÓGICA	GEOFORMA	Superficie de aplanamiento	Area			Dsa		444	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Glacis de erosión	Area			Dge		442	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Glacis de acumulación	Area			Dga		448	Proceso acumulación
	GEOFORMA	Montaña residual	Area			Dmr		451	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Loma residual	Area			Dir		455	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Cerro residual	Area			Dcr		445	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Colina residual	Area			Dkr		453	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Monadnock	Area			Dmk		440	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Inselberg	Area			Di		439	Proceso erosivo
	GEOFORMA	Talud de escombros	Area			Dte		443	Proceso gravitacional
	GEOFORMA	Deslizamiento mayor activo				Dmya		456	Proceso gravitacional
	GEOFORMA	Deslizamiento mayor inactivo				Dmyi		459	Proceso gravitacional
	GEOFORMA	Deslizamiento menor activo	Area			Ddma		460	Proceso gravitacional
	GEOFORMA	Deslizamiento menor inactivo	Area			Ddmi		463	Proceso gravitacional
GEOFORMA	Deslizamiento rotacional				Ddr		400	Proceso gravitacional	

Figura 9. Catálogo para elementos de geomorfología en ambiente Denudativo. Tomado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011.

Escala: >1: 100.000  
 AMBIENTE MORFOGENETICO: Denudativo

COBERTURA	NOMBRE	ELEMENTO	TOPOLOGIA	SIMB. TIC	SIMB. IGM	CODIGO	SIMBOLO	CODICOL	OBSERVACIONES
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	GEOFORMA	Deslizamiento translacional	Area			Ddt		408	Proceso gravitacional
	GEOFORMA	Alud de rocas	Area			Dar		405	Proceso gravitacional
	GEOFORMA	Deslizamiento de rocas	Area			Dr		402	Proceso gravitacional
	GEOFORMA	Corriente de bloques	Area			Dcb		406	Proceso Transporte
	GEOFORMA	Corriente terrosa	Area			Dct		401	Proceso Transporte
	GEOFORMA	Corriente de fango	Area			Dcf		404	Proceso Transporte
	GEOFORMA	Estoraque?	Area			Des		450	Proceso erosivo

Figura 10. Catálogo para elementos de geomorfología en para ambiente Denudativo. Recuperado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011.

Escala: >1: 100.000  
 AMBIENTE MORFOGENETICO: Fluvial y deltaico

COBERTURA	NOMBRE	ELEMENTO	TOPOLOGIA	SIMB. ITC	SIMB. IGM	CODIGO	COLOR	CODCOL	OBSERVACIONES	
GEOFORMA	UNIDADES	Cauce de río	Area			Fc		342	Proceso acumulación	
		Cauce de río abandonado	Area			Fca		344	Proceso acumulación	
		Terraza de erosión	Area			Fle		332	Proceso acumulación	
		Terraza de acumulación	Area			Fla		330	Proceso acumulación	
	SEOMORFOLOGICAS	Lago medialuna (oxbow-lake)	Planicie Aluvial	Area			Fpa		300	Proceso acumulación
			Barra longitudinal	Area			Fbl		287	Proceso acumulación
			Meandro cortado	Area			Fmc		335	Abandono de cauce
			Lago medialuna (oxbow-lake)	Area			Fim		338	Abandono de cauce
			Albardones o diques	Area			Fa		292	Proceso acumulación
			Delta de desborde lateral o cre...	Area			Fdd		291	Proceso acumulación
GEOFORMA	Delta con partes sumergidas	Barra Puntual	Area			Fbp		294	Proceso acumulación	
		Abanico aluvial	Area			Faa		336	Proceso acumulación	
		Pantano agua dulce	Area			Fds		334	Proceso acumulación	
		Lago permanente	Area			Fp		288	Proceso acumulación	
			Area			Fl		296	Proceso inundación	

Figura 11. Catálogo para elementos de geomorfología en ambiente Fluvial y Deltaico. Recuperado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011.

Escala: >1: 100.000  
 AMBIENTE MORFOGENETICO: Fluvial y deltaico

COBERTURA	NOMBRE	ELEMENTO	TOPOLOGIA	SIMB. TIC	SIMB. IGM	CODIGO	COLOR	CODICOL	OBSERVACIONES
UNIDADES		Cuencas de decantación	Area			Fcd		339	Proceso de acumulación
		Lago temporal	Area			Fit		290	Proceso inundación
GEOMORFOLOGICAS		barras transversales	Area			Fbt		297	
		Barras alternantes	Area			Fba		286	Proceso de acumulación
		Barras linguoides	Area			Fbl		293	Proceso de acumulación
		Planicie de inundación	Area			Fpi		379	Proceso inundación
		Canal distributario				Fdcd		299	
		Diques subacuaticos deltaicos				Fds		289	
		Barra de boca disributaria				Fdbd		295	
		Barra distal				Fdbd		298	
		Bahia interdistributaria				Fdbi		341	
		Barras digitales				Fdbf		331	
GEOFORMA		Frente deltaico			Fófd		337		
		Prodelta			Fdp		340		
		Marismas			Fdm		343		

Figura 12. Catálogo para elementos de geomorfología en ambiente Fluvial y Deltaico. Recuperado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011.

- *Inventario de Movimientos en Masa Presentes en la Zona de Estudio (Morfodinámica)*

La clasificación propuesta por Hutchinson (1968) y por Varnes (1958 y 1978) presentan y definen los tipos de movimientos, (ver figura 13), los cuales son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades por valor de billones de dólares cada año. (Cruden y Varnes en el “Special Report 247” del Transportation Research Board de los Estados Unidos, 1996), actualizan el sistema presentado por Varnes en 1978. Dicho estudio es la base para la realización del inventario de movimientos en masa presentes en la zona de estudio y se lista a continuación:

CLASIFICACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (Varnes, 1978)					
TIPO DE MOVIMIENTO			TIPO DE MATERIAL ASOCIADO		
			ROCA	SUELO DE INGENIERÍA	
				PREDOMINANTEMENTE GRUESO	PREDOMINANTEMENTE FINO
Caidas			Roca resistente fracturada	Detritos	Tierra
Volcamiento			Rocas muy inclinadas	Detritos	Tierra
DESPLAZAMIENTOS	ROTACIONAL	Pocas Unidades	Hundimiento de roca	Hundimiento de detritos	Hundimiento de tierra
			Deslizamiento de bloques de roca	Deslizamiento de bloques de detritos	Deslizamientos de bloques de tierra
	TRASLACIONAL	Muchas Unidades	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierra
PROPAGACIÓN LATERAL			Roca	Detritos	Tierra
FLUJOS			Flujo de roca (Creep profundo)	de Detritos	de Tierra
REPTAMIENTO (Creep) (arenas de gran extensión)			(Creep profundo)	(Creep de suelo)	(Creep de suelo)
COMPUESTOS O MÚLTIPLES: Combinación de dos o más de los tipos anteriores					

Figura 13. Clasificación de Movimientos por Remoción en masa, Varnes, 1978. Recuperado y modificado de La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. INGEOMINAS, 2011).

**4.3.3 Mapa de Pendientes.** Es un mapa temático que representa los diferentes grados de inclinación de una superficie con respecto a la horizontal, la finalidad de este es representar mediante colores zonas del territorio con pendiente semejante; para ello nos apoyamos en dos ideas fundamentales:

- Desnivel- diferencia de altitud en una porción de territorio

- Unidad de superficie- que dependerá de la superficie recorrida en ese desnivel.

Para definir los rangos de porcentaje de pendientes se hizo en base a la Resolución de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), número 001294 del 29 de diciembre del 2009, que en el numeral 3.2.1 dictamina los rangos para el mapa y los perfiles de pendiente, de la siguiente manera:

- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales superiores al 100% (45°).
- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales de 57% a 100% (30° a 45°).
- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales entre 10% y 57%.
- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales menores al 10%.

**4.3.4 Análisis de la Cobertura del Suelo.** En la zona de estudio se reconocieron una variedad de unidades de cobertura del suelo, las cuales fueron identificadas siguiendo (La metodología “Corinne Land Cover”, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM, 2010) y la escala de colores para producción cartográfica usada, es la expuesta en Unidades de Cobertura ajustada según metodología “Corinne Land Cover”, en la guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano, 2015). Esta metodología tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica.

Las unidades de cobertura del suelo consideradas fueron agrupadas en categorías de mayor jerarquía, dicha asociación se realizó teniendo en cuenta que las unidades tuvieran características semejantes. Esto se hace con el fin de lograr un mejor entendimiento del mapa de la cobertura del suelo.

Las coberturas de la tierra proporcionan información fundamental para diversos procesos nacionales como los mapas de ecosistemas, conflictos de la cobertura del territorio, ordenamiento de cuencas y del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, y los inventarios forestales. Además, contribuye al conocimiento de la utilidad del territorio, con el fin darle un manejo sostenible a los recursos naturales que el suelo ofrece.

**4.3.5 Inventario de Obras de Mitigación de Riesgo a Desastres.** Las obras de mitigación de riesgo a desastres son medidas estructurales que ayudan a disminuir el peligro ante cualquier eventual proceso erosivo o de remoción en masa. Un ejemplo de ello es la estabilización de taludes y el manejo adecuado de aguas que afectan un terreno.

Para realizar el inventario de obras de mitigación que se encuentran en el asentamiento en estudio, se realizó una inspección ocular y se localizaron los puntos durante la fase de campo. Para la nomenclatura se siguió el Capítulo 14: Estructuras de Contención o Refuerzo, del libro “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”, propuesto por (*Jaime Suarez, 1998*). En este se presenta la información que contribuye a la definición de las estructuras presentes en la zona de estudio como son los muros en gaviones y la canalización del cauce de la Quebrada Chimita, obras que son minúsculas respecto a la magnitud de riesgo en el que se encuentran estas familias.

**4.3.6 Susceptibilidad por Movimientos de Remoción en Masa en base a las características geológicas de la zona en estudio.** El análisis de susceptibilidad implica la consideración de las características intrínsecas de la geología en la zona de estudio, que son las que condicionan los movimientos en masa, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir, mediante un análisis cualitativo, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales, y a futuro proyectar sus probabilidades mediante un análisis de amenazas.

Este análisis se hace en base a la superposición de los mapas de unidades geológicas para ingeniería, geomorfológico, incluido el inventario de remoción en masa, cobertura del suelo y

mapa de pendientes, para así obtener un mapa que muestre la distribución de las clases de susceptibilidad de movimientos por remoción en masa.

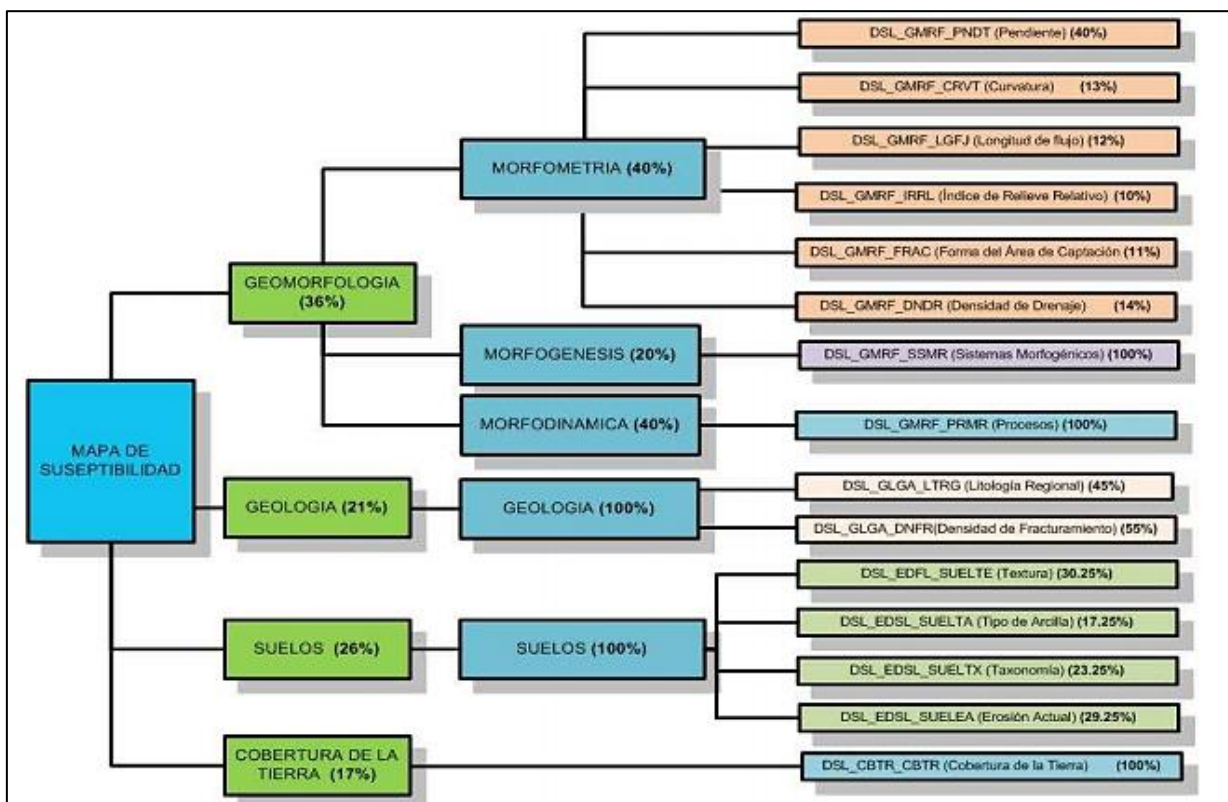


Figura 14. Cálculo de la susceptibilidad general a los movimientos en masa. Tomado de Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2012). Recuperado de [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM\\_oficial\\_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745)

El mapa de susceptibilidad se calcula mediante la suma ponderada de cada una de las variables para obtener un índice por tema, los porcentajes de peso para la superposición de los mapas se toma de la Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2012). (Ver figura 14).

Se aclara que debido a que la Corporación no cuenta con un estudio de suelos en la zona, esta metodología se ve modificada y el porcentaje de suelos se suma a los otros componentes de manera proporcional a su porcentaje, los cálculos se indican a continuación:

Geomorfología (Gmf) = 36%

Geología (Glg) = 21%

Suelos (S) = 26%

Cobertura de la Tierra (CT) = 17%

Gmf + Glg + CT = **74%**

**En Dónde: 74 % → 100%**

Gmf 36% → X = 48,648 %

Glg 21% → X = 28,378 %

CT 17% → X = 22,973 %

**Sí: S 26 % → 100%**

Gmf 48,648 % → X = 12,648 % (13%)

Glg 28,378 % → X = 7,378 % (7%)

CT 22,973 % → X = 5,973 % (6%)

**Entonces se suma cada uno de los respectivos porcentajes:**

**Gmf (36% + 13%) + Glg (21% + 7) + CT (17% + 6) = 100 %**

El criterio para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos se aplica en base a la “Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en

Masa”, del (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012), (ver figura 15).

CATEGORÍA DE LA SUSCEPTIBILIDAD	GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD
1	Muy baja susceptibilidad
2	Baja susceptibilidad
3	Moderada susceptibilidad
4	Alta susceptibilidad
5	Muy alta susceptibilidad

*Figura 15.* Grado de susceptibilidad a los deslizamientos. Tomado y modificado de Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2012. Recuperado de [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM\\_oficial\\_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745)

Para realizar la sumatoria de los mapas se debe calificar cada uno de los componentes de dichos mapas entorno a un mismo rango de acuerdo al nivel de susceptibilidad que presenta a los movimientos de remoción en masa. Debido a que la zona de estudio en este caso es de menor tamaño y la escala de los mapas se encuentra en 1:750, el rango para homogenizar los componentes de cada mapa se asume de (1 a 4), en el que 1 representa las zonas con baja susceptibilidad, 2 una susceptibilidad moderada, 3 una susceptibilidad alta y para la asignación del rango 4 se hace una estimación a través del método heurístico, evidenciando que la zona del escarpe de la ladera y los escarpes de terraza de la quebrada Chimita, presentan una muy alta susceptibilidad del terreno a deslizamientos, debido a su pendiente y lo poco consolidados que se encuentran estos depósitos.

### **5. Localización del Asentamiento Rincón de La Paz**

El proyecto comprende el asentamiento humano Rincón de La Paz, ubicado en la comuna 5 del municipio de Bucaramanga, al occidente del casco urbano, en el departamento de Santander (ver Figura 16). La zona de estudio limita al norte con el predio de la Institución Penal de Mujeres, al nor-occidente con la subestación eléctrica Palenque ESSA, al sur-occidente con la planta GASAN S.A. E.S.P. mientras que tanto al sur como al oriente es vecino de los predios de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

La principal fuente hidrográfica de la región es el río de Oro que recorre la parte occidental del área metropolitana de Bucaramanga, pasando por Piedecuesta, y atravesando el centro del municipio de Girón. En este río desemboca el río Suratá, y las quebradas la Flora, Tona, la Iglesia, Quebrada Seca, Cacique, El Horno, San Isidro, Las Navas, La Rosita, Bucaramanga.



Figura 16. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Tomado y modificado de Google Earth. Coordenadas Magna Sirgas IGAC.

## **6. Resultados**

### **6.1 Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI)**

En el presente estudio se realizó la cartografía y descripción de las unidades geológicas superficiales presentes en el asentamiento humano Rincón de La Paz, perteneciente a la comuna 5 del municipio de Bucaramanga, a escala detallada 1:1000, Teniendo en cuenta la nomenclatura para la clasificación de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) propuesta en La Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, del Servicio Geológico Colombiano, 2015. (Ver numeral 4.3.1.1).

La caracterización geológica de estas unidades permite evaluar el comportamiento mecánico de un terreno, siendo esta evaluación un material imprescindible para el desarrollo de obras civiles. A partir de esta información se elabora el mapa de Unidades Geológicas Superficiales, (ver figura 20), el cual proporciona de manera visual las condiciones físicas de estas unidades en superficie.

**6.1.1 Unidades de Depósito.** A continuación, se describen las características de cada una de las unidades en el área de estudio:

**6.1.1.1 Depósito transportado gravoso del Miembro Órganos Dtg (Qbo).** El suelo del miembro Órganos aflora en la escarpa occidental del abanico de Bucaramanga y se extiende a lo largo de las laderas que recorren el área de estudio. Según INGEOMINAS (2001), dicha unidad es matriz soportada, con un matriz limo-arcillosa, de color gris, amarillento, la cual adquiere tonalidades marrones a rojizas por alteración. Se observan cantos redondeados y bloques de areniscas cuarzosas micáceas, limolitas rojas alteradas, bloques de esquistos, cantos de cuarzo, cuarcitas y conglomerados. (Ver figura 19).



*Figura 17.* Suelos del Miembro Órganos en la zona de estudio. Estación 7.

Generalmente esta unidad es consistente en estado seco, pero al absorber agua pierde totalmente la solidez y consistencia, por lo que se ven favorecidos los procesos de meteorización, erosión y remoción en masa, generando surcos, cárcavas, estoraques, de alrededor de 15 m de altura. Estas geofomas son características de dicha unidad. En épocas de lluvias se presentan desprendimientos de bloques y cantos.



*Figura 18.* Badlands pertenecientes a los suelos del miembro Órganos (Qbo), formados por la erosión fluvial y la gravedad. Estación 2.

Los suelos del miembro órganos, corresponden a depósitos medianamente meteorizados, débilmente consolidados de tonalidades que van de marrones y naranjadas a rojizas, conglomeraticos, dispuestos en forma de capas gruesas a muy gruesas. La matriz es arenarcillosa y el armazón es clasto-soportado con tamaños que van desde 0,5 cm a 60 cm. Los clastos son redondeados a sub-redondeados, sin orientación evidente. La composición es variable, y se pueden observar en su mayoría areniscas silíceas de grano medio, y en menor proporción fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neis micáceo, cuarzo lechoso, cherts y liditas. Tanto en rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. Es común observar variaciones laterales y verticales en composición y textura.



*Figura 19.* Suelos conglomeraticos del Miembro Órganos, donde se observa la matriz areno-arcillosa y la composición variable de los cantos que lo conforman. Estación 1.

El espesor de la unidad completa no se pudo medir en campo, aunque se estima un espesor aproximado en la zona de estudio, estimado mediante mapa geológico de 80 m. El ambiente de depositación de este nivel se relaciona con flujos de escombros y flujos torrenciales, e interdigitación de facies de corrientes de canal, correspondiendo a la parte proximal y media del Abanico de Bucaramanga (INGEOMINAS, 2001).

**6.1.1.2 Depósito transportado de Terraza Media (Qal2) y de Terraza Baja (Qal1).** Estas unidades se presentan en mayor cantidad sobre el margen norte de la quebrada Chimita, (Ver figura 20) y se componen de matriz areno-arcillosa de color amarillo – grisáceo con algunos clastos de gravas gruesas, estos depósitos son los más susceptibles a erosión debido a que se ubican en las pendientes más planas del terreno y están propensos a la inundación del cauce fluvial.

**6.1.1.3 Depósito transportado de Coluvión (Ql).** Los depósitos de coluvión componen un área muy pequeña en el asentamiento, se ubican en el pie de la ladera y se componen de clastos de grava de diámetros entre 5 y 20 cm dentro de una matriz arenosa de color amarillo – grisáceo.

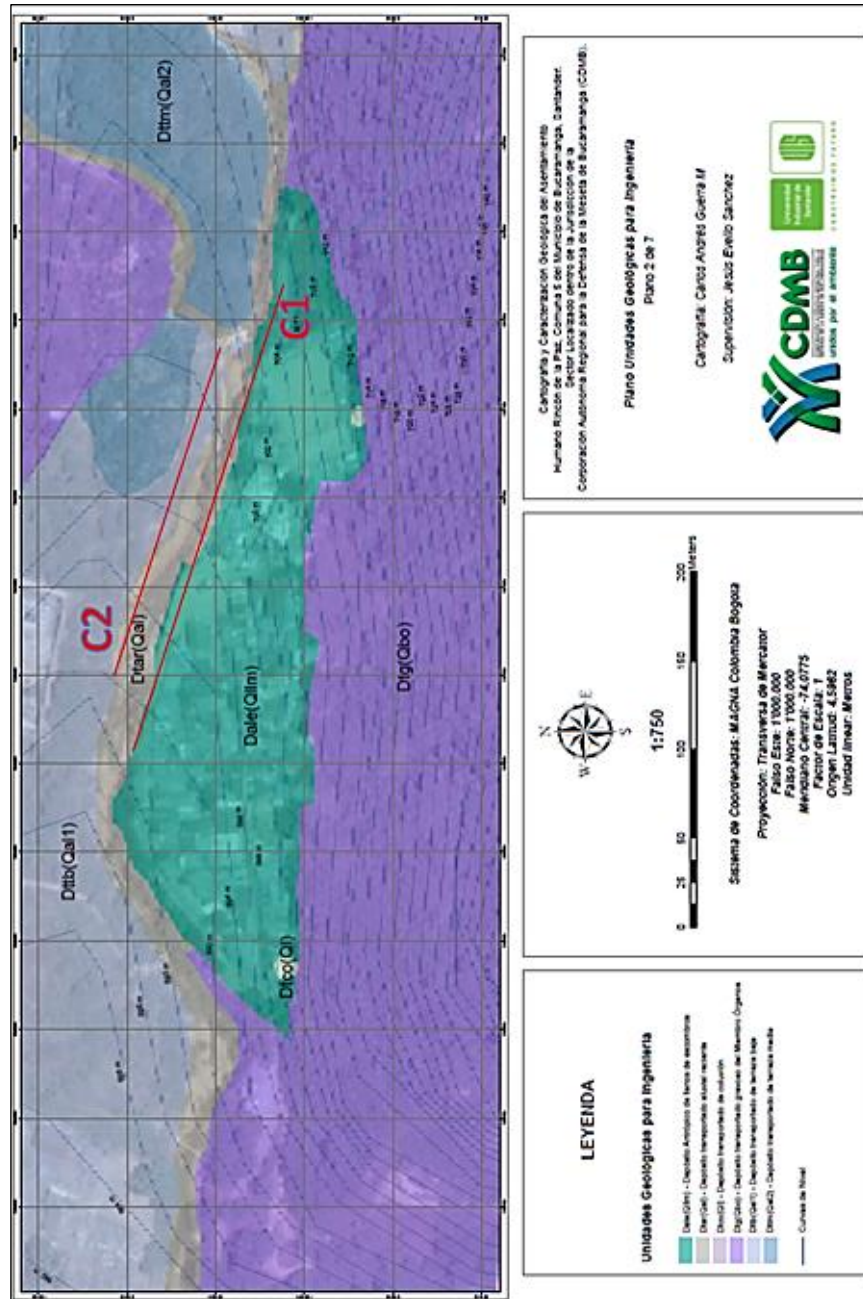
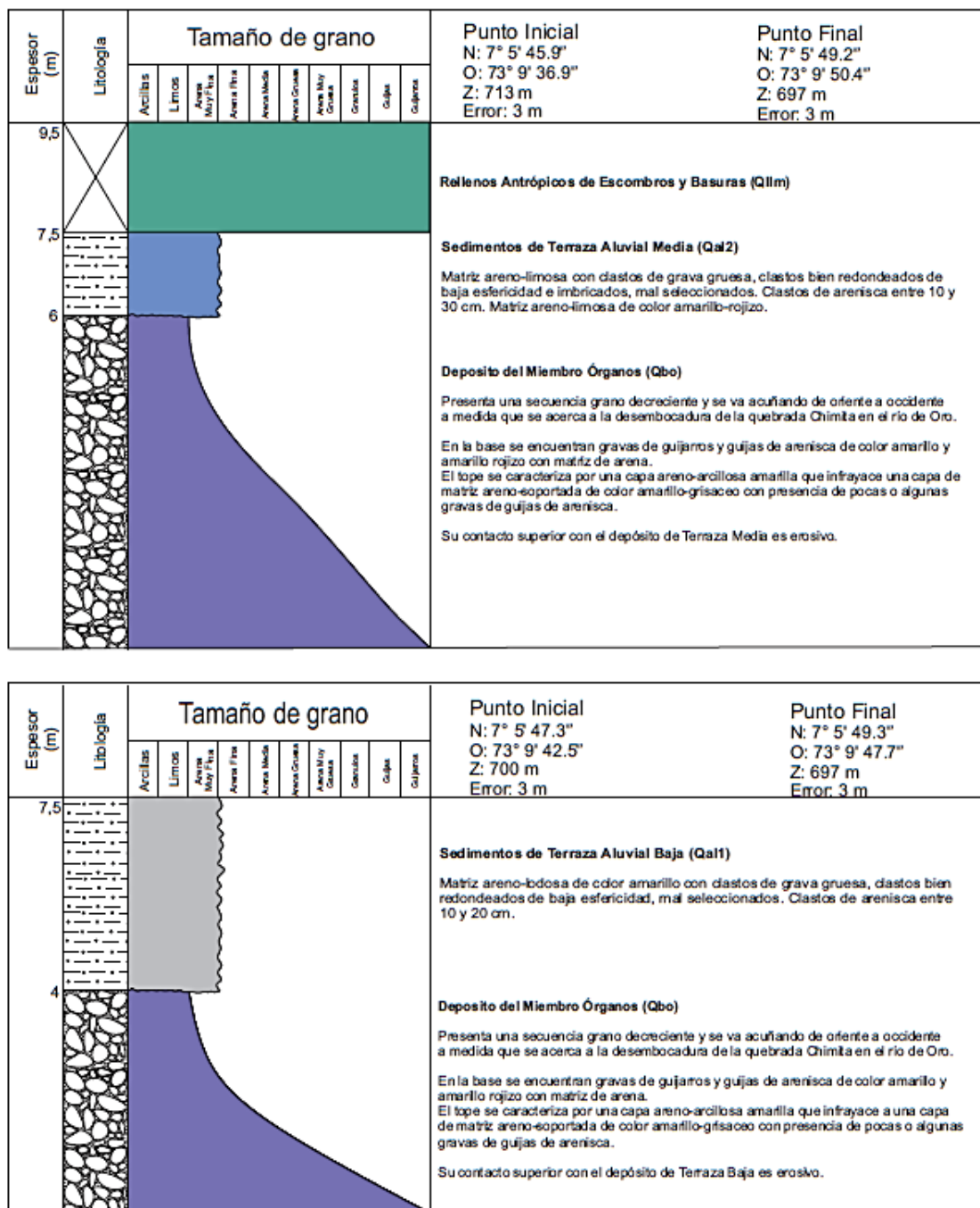


Figura 20. Plano de unidades geológicas para ingeniería en la zona de estudio, C1 y C2 son las columnas estratigráficas respectivamente. (Apéndice F).



Escala 1:100

Figura 21. Columnas estratigráficas representativas de cada uno de los márgenes de la quebrada Chimita. C1 es la columna superior y C2 es la columna inferior. (Apéndice G).

## 6.2 Cartografía Geomorfológica

Las condiciones geomorfológicas presentes nos permiten analizar los deslizamientos en relación con la evolución del paisaje (*Aristizabal y Yokota, 2006*).

Los diferentes procesos endógenos y exógenos interactúan dando lugar a diferentes modelados morfodinámicos que serán diferentes en ambientes continentales y en ambientes marinos o transicionales. Involucrando en ellos diferentes factores como son el agua y el viento que dependen directamente de las condiciones climáticas y el comportamiento del material a estas. Los principales ambientes geomorfológicos son:

Denudacional, Volcánico, Estructural, Fluvial y deltaico, Kárstico, Marino y costero, Glacial, Eólico, Antropogénico, siendo más importantes en este estudio los ambientes: Denudacional y Fluvial los cuales son los únicos presentes en el área.

La zona estudiada está dominada por procesos continentales: denudaciones, estos se han encargado de meteorizar los materiales y exponerlos al desgaste. Estos procesos no se limitan solamente a erosión si no que incluyen también todo lo que contribuye a la degradación y reducción de los relieves iniciales. También se ve afectada por procesos fluviales de orden medio, que ha modificado el relieve, generando un valle alrededor de la quebrada Chimita.

La clasificación de las geoformas y la nomenclatura utilizada para su cartografía en este trabajo se basó en la Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia del Servicio Geológico de Colombia (SGC, 2011), (Ver figura), por José Henry Carvajal y en los trabajos realizados por la CDMB que utilizaron las normas estipuladas en la resolución 1294 del 2009. (Ver numeral 4.3.2.). Los componentes geomorfológicos definidos en la zona de estudio se listan a continuación:

## 6.2.1 Componentes Geomorfológicos

**6.2.1.1 Componentes Geomorfológicos de Ambiente Denudacional.** La formación de estas unidades está relacionada con procesos de denudación que se presentan en zonas de clima tropical, se caracterizan por la meteorización, erosión, movimientos en masa y exposición de las rocas y suelos presentes en ellas, comúnmente se clasifican según la pendiente, y están fuertemente influenciadas por la actividad tectónica que combinada con los procesos denudacionales dan lugar a diferentes formas del relieve que corresponden al Ambiente Denudacional.

- *Componente de laderas moderadas y escarpadas (Dldm):*

Las formas del relieve se presentan en laderas que son cuevas naturales del terreno responden a las condiciones pluviométricas y tectónicas y según su pendiente son moderadas (inclinaciones entre 10° y 40°) (Dldm), estas se encuentran principalmente afectadas por los procesos denudacionales como la gravedad, los grados de inclinación de la pendiente, las disposición y el tipo de materiales y la permeabilidad de los mismos, el clima y por lo general presentan buena cobertura vegetal. A partir de fenómenos que se presentan en las vertientes de estas laderas se generan procesos denudacionales que propician los movimientos en masa. (Ver figura 22).



Figura 22. Ladera denudacional (Dldm). Estación 7.

- *Componente de estoraques o “badlands” (Des):*

Un elemento denudacional que se encuentra en algunas laderas son los estoraques (Des) que también se conocen como columnas de erosión, (Ver figura 23), los cuales son producto de un proceso erosivo.

Estas estructuras son grandes formas labradas por el agua y el viento, y endurecidas por efectos del sol, están conformadas por columnas y torres que se encuentran en colinas y crestas montañosas, contienen grandes cárcavas que terminan en valles aluviales.

Estas rocas han emergido luego de una fase profunda de meteorización de las rocas, la formación de estos ha obedecido principalmente al contenido de minerales solubles o alterables, se evidencia una parte superior abrupta, desnuda sin vegetación que por su verticalidad tiene un aspecto de cornisa.



Figura 23. Estoraques (Badlands) (Des). Estación 4.

#### ***6.2.1.2 Componentes Geomorfológicos de Ambiente Fluvial***

- *Componente fluvial de cauce actual (Fca), terraza media (Ftm), terraza baja (Ftb) y escapes de terraza*

Las geformas en este ambiente se derivan de procesos agradacionales y degradacionales de corrientes fluviales, incluyen la influencia de cauces actuales de corrientes como la quebrada Chimita, (Ver figura 24), que se forma de la confluencia de las quebradas La Rosita y La Joya que unos metros más arriba se une a la quebrada Seca, formando niveles de terrazas bajo y medio, formados a partir de procesos de incisión y eventos fluvio-torrenciales.



*Figura 24.* Quebrada Chimita, en la que se evidencian los procesos degradacionales que socavan el miembro órganos (Qbo) y la terraza media (Qal2), formando un valle de incisión a partir de los escarpes de terraza. Estación 9.

**6.2.1.3 Componentes Geomorfológicos de Ambiente Antrópico.** Como resultado de la intervención humana en el terreno se originan geformas de ambiente antrópico, en su mayoría estas se presentan debido a procesos efectuados por el hombre con objetivo de realizar obras de ingeniería, explotación de recursos y planes urbanísticos.

- *Componente de terrazas y laderas explanadas de relleno (Qllm)*

Superficies que son resultado de explanaciones de rellenos de escombros y desechos, realizadas mecánicamente sobre laderas y terrazas de las quebradas presentes en la zona con fines urbanísticos o de infraestructura, (Ver figura 25), estas condicionan el paisaje de tal modo que, en su éxito, permitan habitar la zona por la población.



*Figura 25.* En la foto a (Estación 6), se observan las laderas explanadas para construcción de viviendas y en la foto b (Estación 9), se observan las terrazas de la quebrada Chimitá sobrepuestas con rellenos de escombros y desechos que, han sido explanados con el mismo objetivo de edificación en el asentamiento Rincón de La Paz.

**6.2.2 Análisis temporal de la morfodinámica en la Quebrada Chimita y la ladera posterior al asentamiento.** Para lograr un análisis del comportamiento morfodinámico en el tiempo, se tomaron las fotos satelitales disponibles en Google Earth entre los años 2002 – 2014 que contaban con buena resolución y en ellas se analizó el desplazamiento generalizado del cauce de la quebrada a través del tiempo y se identificaron los deslizamientos ocurridos sobre el escarpe de terraza o sobre el talud de la ladera, (ver figura 26), este diagnóstico brinda la posibilidad de inferir en que magnitud afecta la erosión de la quebrada al asentamiento humano y que tanto mitigan estos fenómenos las obras construidas años atrás. Aparte de ello se identifican las manzanas del sector que han sido más afectadas por movimientos de remoción en masa, (Ver figura 30).

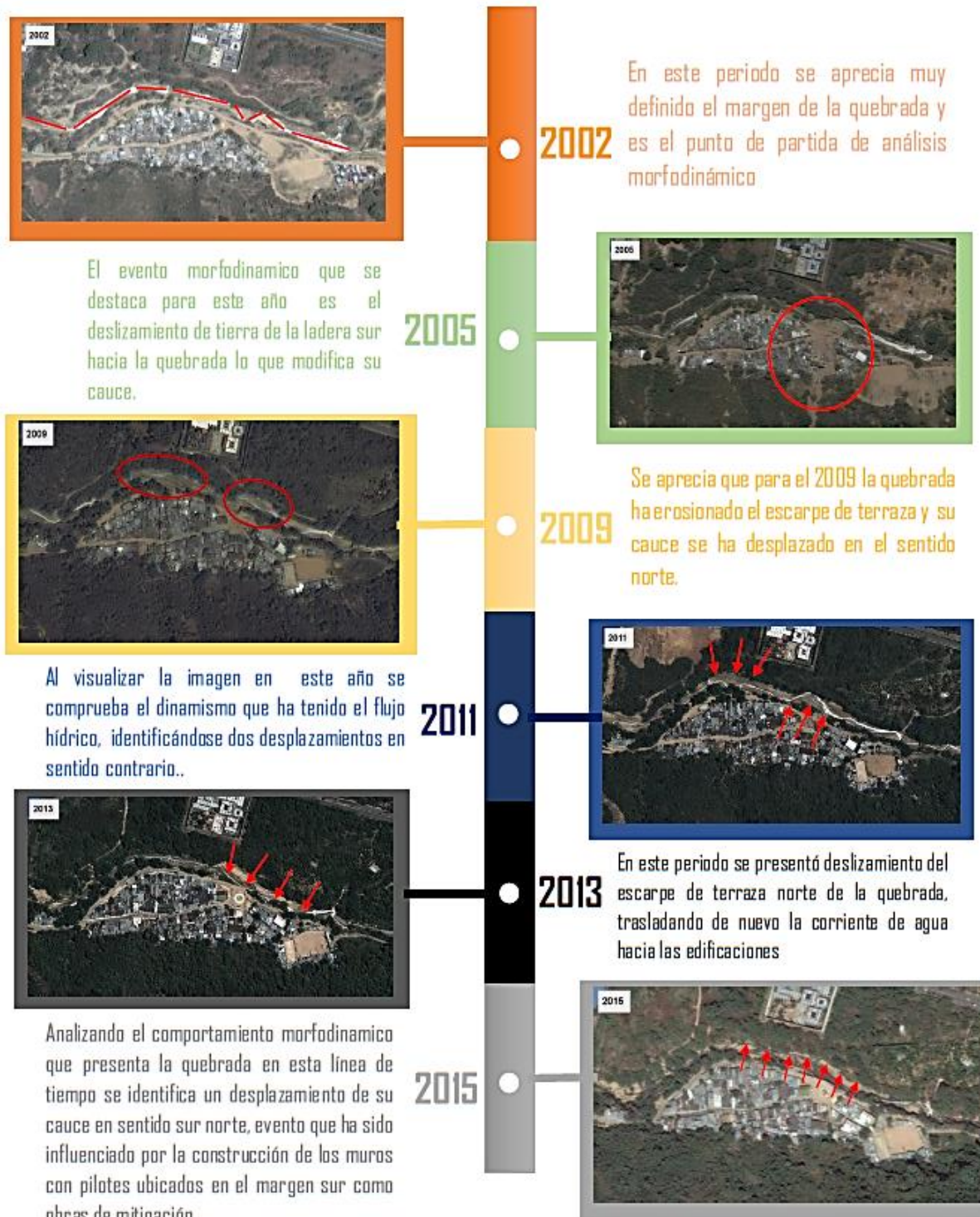


Figura 26. Línea de tiempo 2002 – 2014, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H).



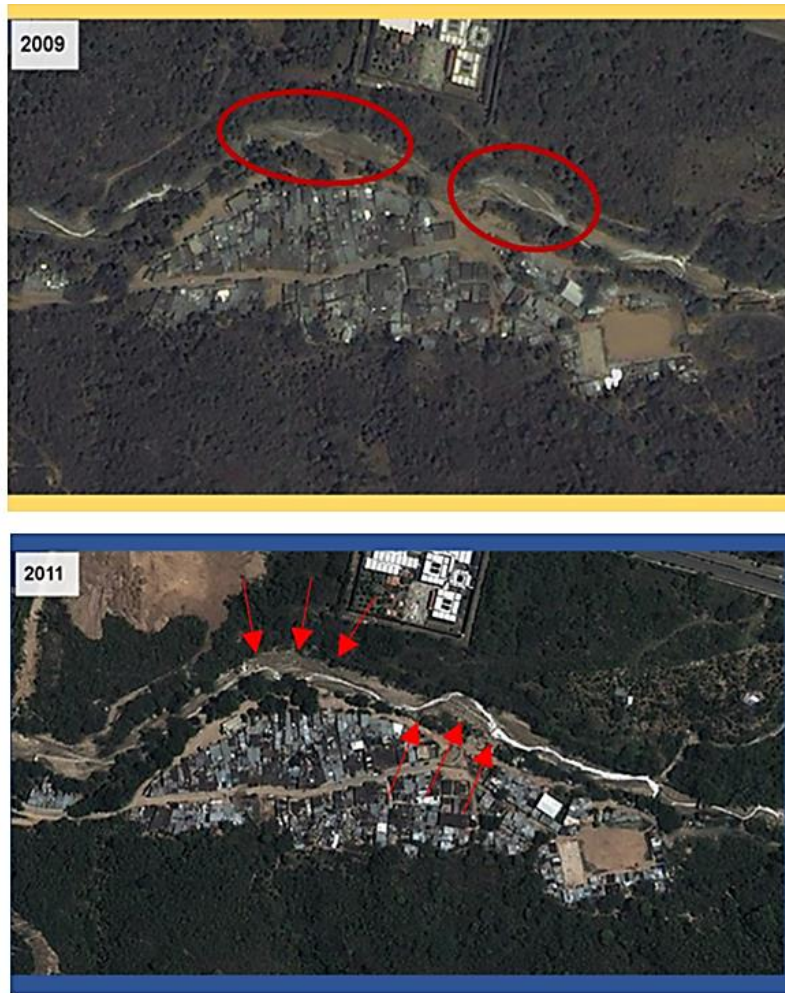
2002

En este periodo se aprecia muy definido el margen de la quebrada y es el punto de partida del análisis morfodinámico.

2005

El evento morfodinámico que se destaca para este año es el deslizamiento de tierra de la ladera sur hacia la quebrada, suceso que modifica su cauce.

Figura 27. Línea de tiempo 2002 – 2005, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H).



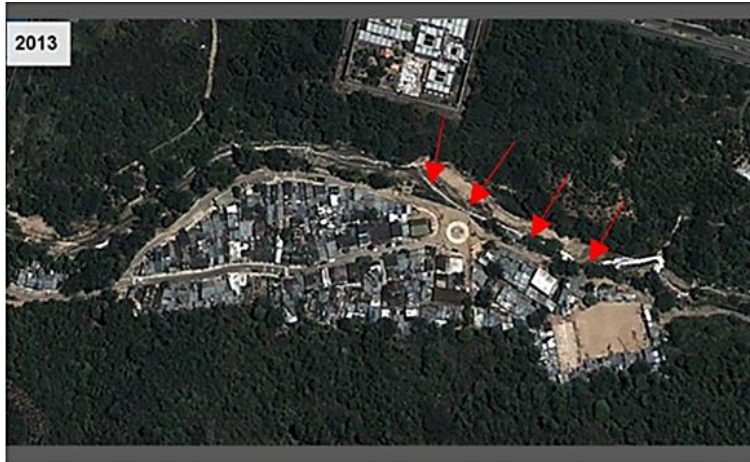
2009

Se aprecia que para el 2009 la quebrada ha erosionado el escarpe de terraza y su cauce se ha desplazado en dirección norte.

2011

Al visualizar la imagen en este año se comprueba el dinamismo que ha tenido el flujo hídrico, identificándose dos desplazamientos en sentido contrario.

Figura 28. Línea de tiempo 2009 – 2011, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H).



**2013**

En este periodo se presentó deslizamiento del escarpe de terraza norte de la quebrada, trasladando de nuevo la corriente de agua hacia las edificaciones

**2015**

Analizando el comportamiento morfodinámico que presenta la quebrada en esta línea de tiempo se identifica un desplazamiento de su cauce en sentido sur - norte, evento que ha sido influenciado por la construcción de los muros con pilotes ubicados en el margen sur como obras de mitigación.

Figura 29. Línea de tiempo 2013 – 2015, en la que se observa la morfodinámica de la quebrada Chimita y su impacto en el asentamiento Rincón de La Paz. (Apéndice H).

*Plano de Levantamiento Topográfico, Manzanas del Asentamiento Rincón de La Paz.*

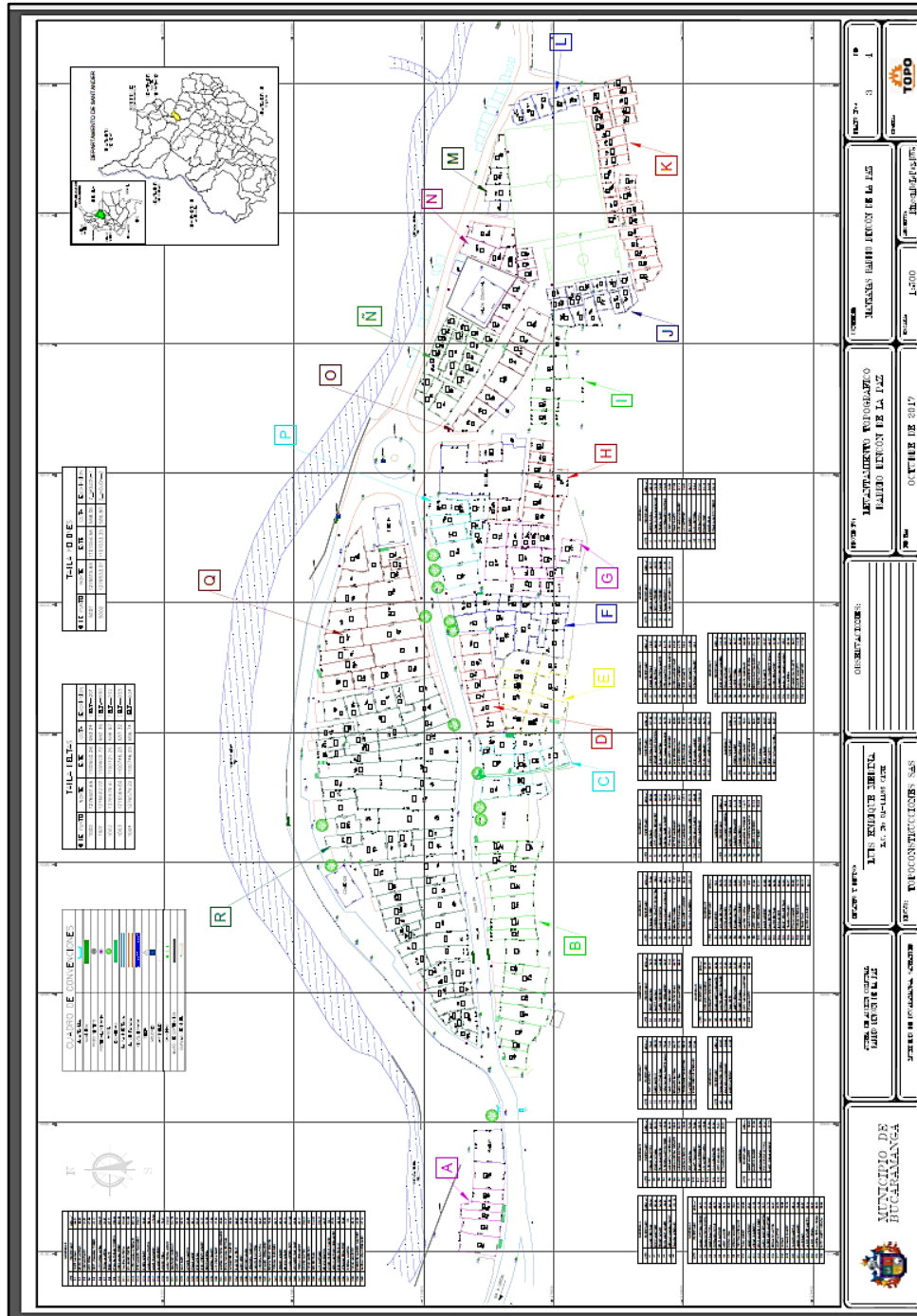


Figura 30. Manzanas del asentamiento Rincón de La Paz. Tomado de Junta de Acción Comunal, archivos CDMB. (Apéndice I).

### **6.2.3 Inventario de Movimientos en Masa Presentes en la Zona de Estudio**

**(Morfodinamica).** “Los movimientos en masa son el resultado de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos, los cuales modelan el relieve de la tierra y se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera” (Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA). 2007).

“La ocurrencia de un movimiento en masa comienza desde el momento en que se forma una ladera natural o se construye un talud artificial, ya que, así como el levantamiento tectónico forma montañas, la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la acción del hombre) actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana” (Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA). 2007).

*Cruden y Varnes* en el “*Special Report 247*” del Transportation Research Board de los Estados Unidos (1996), presentan una actualización de *Varnes (1978)*, la cual propone una clasificación para los tipos de movimientos en masa. (Ver numeral 5.3.3.). Tomando como base dicho estudio, a continuación, se presenta el inventario de movimientos en masa presentes en la zona de trabajo.

**6.2.3.1 Caído por Erosión Diferencial y Flujo de Detritos, Compuesto (CFD).** En este tipo de movimiento en masa ocurren simultáneamente dos tipos de movimiento en diferentes áreas de la masa desplazada, caído por erosión diferencial y flujo de detritos. (Ver figura 31). En los deslizamientos donde se observa este fenómeno, el talud presenta pendientes fuertes, cárcavas y surcos que lo atraviesan. Por dichos espacios descienden detritos en caída libre, rodando o transportados que forman un flujo y una acumulación en el pie del talud.



*Figura 31.* En las dos fotografías se observa la caída por erosión diferencial y el flujo de detritos en la zona de estudio. Estaciones 17 y 23, consecutivamente.

**6.2.3.1 Flujo de Detritos - sencillo (FD).** Los flujos de detritos son hondas extensas de materiales tanto sólidos como líquidos, mezclados entre sí, que se mueven en forma constante a través de un canal con algunas ondas menores superpuestas que se mueven a velocidades superiores a aquellas del flujo mismo.

A medida que el proceso de flujo avanza, los materiales se van triturando y se observa una diferencia importante en los tamaños entre la cabeza y el pie del deslizamiento. Se observa que el

movimiento de los flujos de detritos ha sido activado por las lluvias, debido a que los materiales han perdido la resistencia por la disminución de la absorción de agua al saturarse. (Ver figura 32).



Figura 32. En las imágenes se observa el flujo de detritos sobre el asentamiento Rincón de La Paz. Estaciones 6 y 3, consecutivamente.

### Cantidad de eventos morfodinámicos Presentes

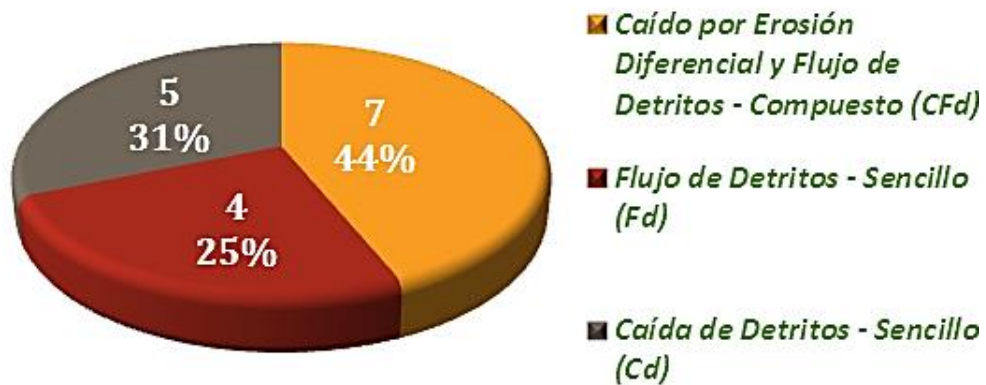


Figura 33. Porcentaje de los eventos morfodinámicos presentes en la zona de estudio.

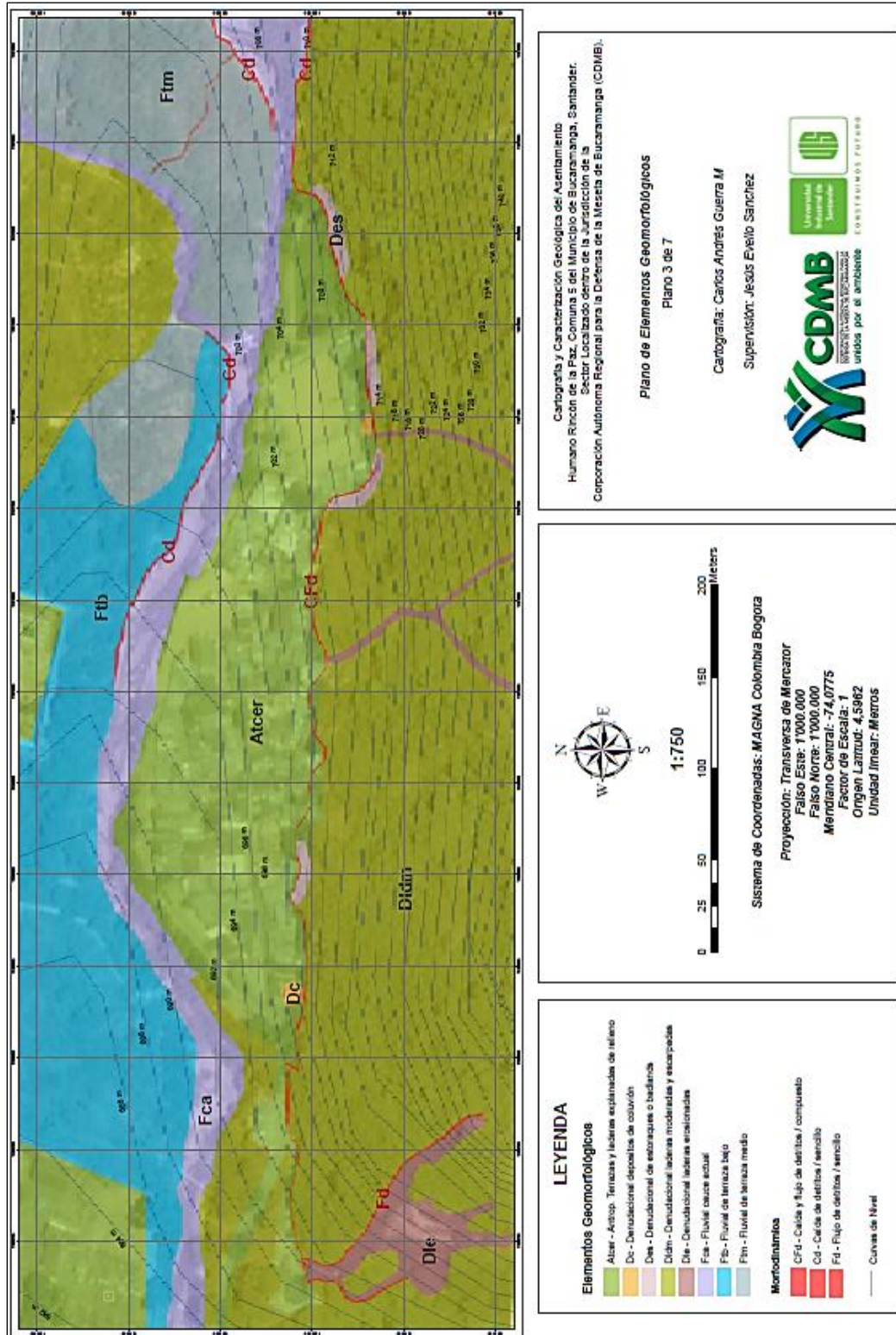


Figura 34. Plano Geomorfológico de la zona de estudio (Apéndice J).

### **6.3 Cobertura del Suelo**

En la actualidad es fundamental realizar un análisis de la cobertura del suelo que conlleve a conocer y aplicar las herramientas adecuadas para lograr la sustentabilidad de este recurso, el mejor beneficio económico, los procesos por erosión y remoción en masa que lo afectan y la utilidad que presta al ser humano.

El análisis de la cobertura del suelo se elaboró de acuerdo con la metodología “Corinne Land Cover”, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), (2010). (Ver numeral 4.3.4.). Esta metodología tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica.

En la zona de estudio se reconocieron una variedad de unidades de la cobertura del suelo, las cuales fueron agrupadas en categorías de mayor jerarquía, (Ver figura 39), lo anterior se realizó teniendo en cuenta que las unidades tuvieran características similares que permitieran asociarlas entre sí, con el fin, de lograr un mejor entendimiento del mapa de la cobertura del suelo. Dichas categorías se describen a continuación:

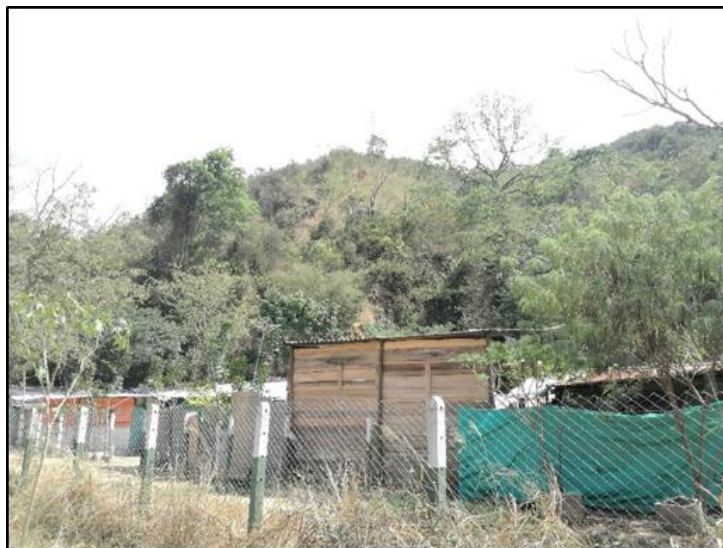
**6.3.1 Territorios Artificializados.** Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio de la cobertura del suelo hacia fines residenciales, comerciales, industriales, de servicios y recreativos, (ver figura 35). En la zona de estudio se presenta la siguiente categoría:

**6.3.1.1. Zonas urbanizadas (ZU).** Las zonas urbanizadas es la cobertura de suelo predominante en el área de trabajo, incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano. Dentro de esta categoría se agrupan las unidades de tejido urbano continuo y tejido urbano discontinuo.



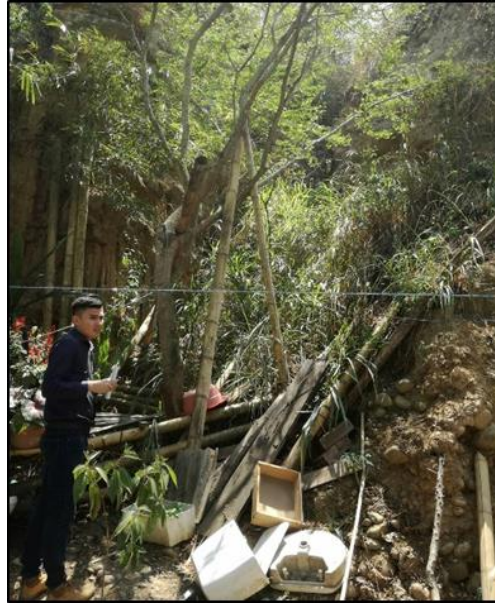
*Figura 35.* Zonas urbanizadas en la que se observan viviendas y una cancha de fútbol en tierra. Estaciones 1 y 10, consecutivamente.

**6.3.2. Bosque Fragmentado (BF).** Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos, vegetación en transición y tierras desnudas o degradadas, (ver figura 36), las cuales representan entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural.



*Figura 36.* Bosque fragmentado (BF) por tierras desnudas y vegetación secundaria o en transición presente sobre el asentamiento Rincón de La Paz. Estación 9.

**6.3.3 Vegetación secundaria o en transición (VS).** Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. (Ver figura 37), Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.



*Figura 37.* Vegetación secundaria o en transición (VS) posterior a un evento artificial por canalización de las aguas escorrentías. Estación 2.

**6.3.4 Tierras desnudas y degradadas (TD).** Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión, degradación y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de surcos, cárcavas y estoraques. (Ver figura 38).



*Figura 38.* Tierras desnudas y degradadas (TD), donde por procesos de erosión y remoción en masa se generan surcos y cárcavas. Estación 7.

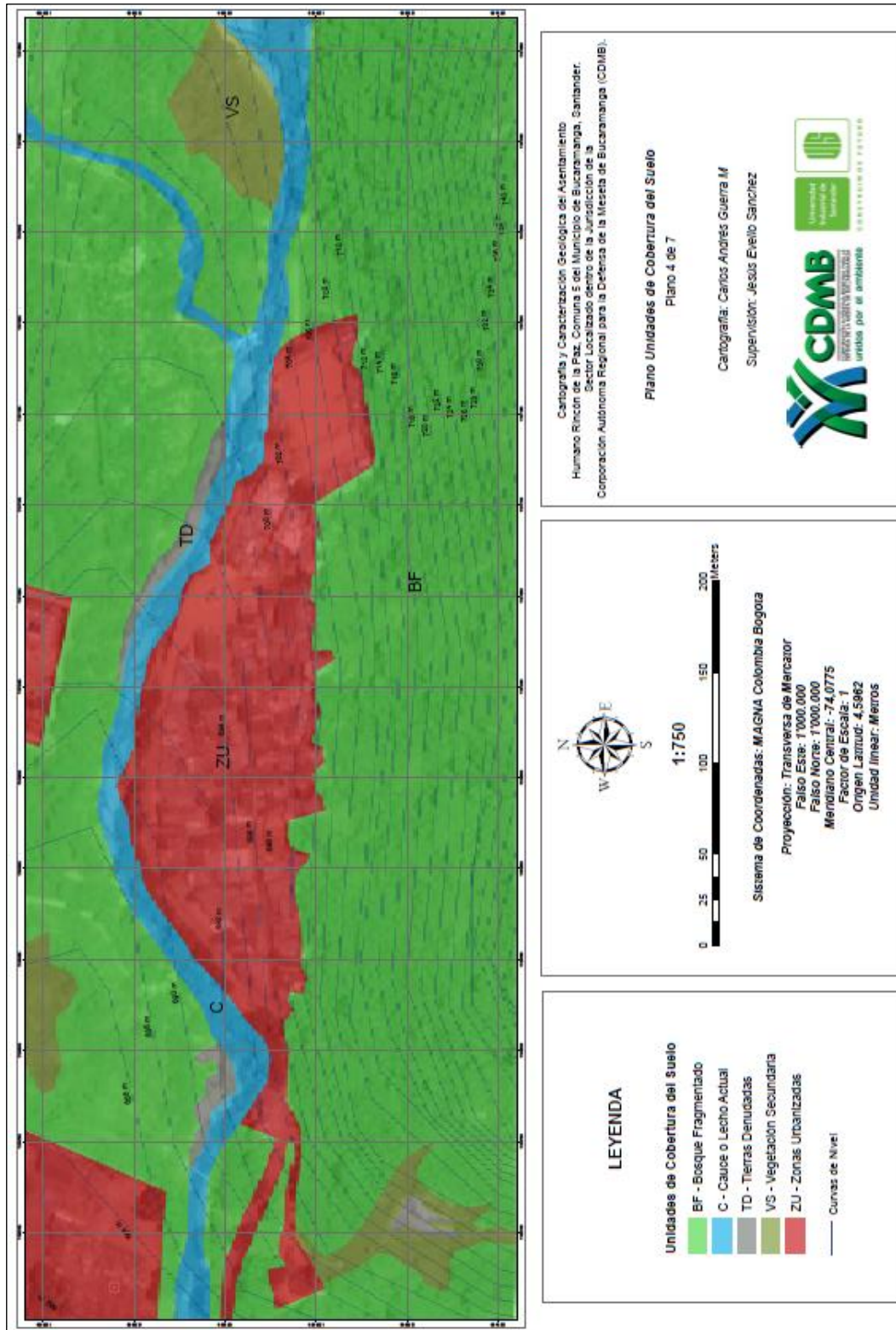


Figura 39. Plano de cobertura del suelo en la zona de estudio (Apéndice K).

## 6.4 Inventario de Obras de Mitigación de Riesgo a Desastres

Las obras de mitigación de riesgo a desastres buscan contribuir a la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades que se ven impactadas por efecto de ocurrencia de fenómenos erosivos y de remoción en masa, los cuales se empeoran en temporada de lluvias.

Durante la fase de campo se realizó el inventario de obras de mitigación en el asentamiento, (Ver figura 44), en el que se evidencia una gran falta de este tipo de obras debido al inminente riesgo en el que se encuentran las viviendas construidas. Para la clasificación de estas obras de dichas obras se siguió el libro: “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”, propuesto por *Jaime Suarez, (1998)*. (Ver numeral 4.3.5.).

**6.4.1 Muros Flexibles.** Según *Veliz, (2009)*, Los muros flexibles son estructuras que se deforman fácilmente por las presiones de la tierra sobre ellas o que se acomodan a los movimientos del suelo. Los muros flexibles se diseñan generalmente, para resistir presiones activas en lo que se refiere a su estabilidad intrínseca y actúan como masas de gravedad para la estabilización de deslizamientos de tierra.

Existen varios tipos de muros flexibles y entre ellos los más populares son:

1. Muros en Gaviones
2. Muros de elementos prefabricados (Muros Criba)
3. Muros de Llantas Usadas
4. Muros de Piedra
5. Muros de Bolsacreto

Cada uno de estos tipos de muros posee unas características especiales de construcción, diseño y comportamiento.

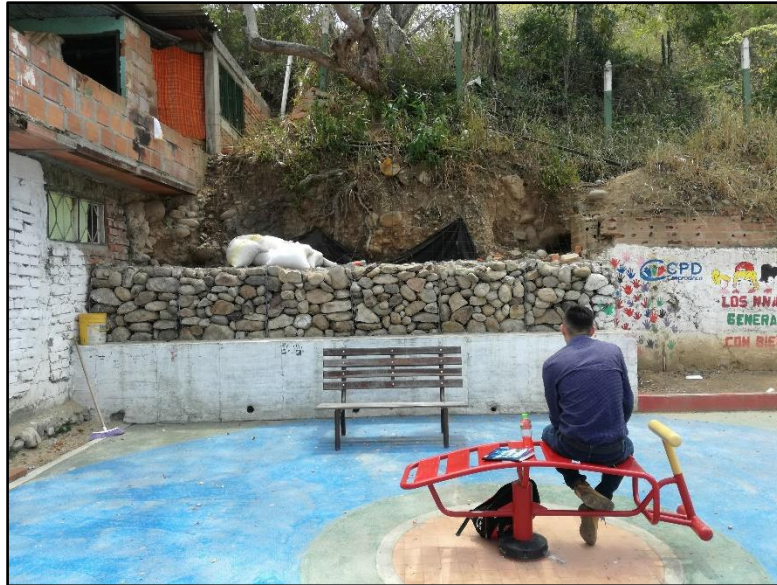
**6.4.2 Muros en Gaviones (MG).** En la zona de estudio se presentan muros en gavión tanto en el parque del asentamiento, como en el talud de la ladera posterior, dichos muros corresponden a cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca (ver figura 40 y figura 41).

Algunas de las ventajas de un muro en gaviones son las siguientes:

Simple de construir y mantener y utiliza los cantos y piedras disponibles en el sitio. Se puede construir sobre fundaciones débiles. Su estructura es flexible y puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros, además es fácil de demoler o reparar.

Se emplean tres tipos de mallas diferentes, hexagonales o de triple torsión, electro soldada y elaborada simple. El principal problema consiste en que las mallas pueden presentar corrosión en suelos ácidos (de PH menor a 6). Existen una gran cantidad de tamaños de malla disponible para formar las cajas. Generalmente, se utilizan cajas de 2m. x 1m. x 1m. La forma básica es trapezoidal (Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, propuesto por Jaime Suarez, (1998).

Las canastas de gavión se colocan unas sobre otras tratando de traslapar lo mejor posible las unidades para darle la rigidez que requiere el muro.



*Figura 40.* Muro en Gaviones (MG) presente en el parque del asentamiento Rincón de La Paz. Estación 5.



*Figura 41.* Muro en Gaviones (MG) presente en el talud de la ladera posterior al asentamiento. Estación 21.

**6.4.3 Canalización del sistema de drenaje (CD).** “Esta obra civil es específicamente diseñada para la recepción, canalización y evacuación de las aguas pluviales, de alcantarillado o de cualquier tipo, que puedan afectar directamente las características funcionales de cualquier elemento integrante de un territorio” (Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”, propuesto por *Jaime Suarez, (1998)*). En la zona de estudio se presenta obras de canalización del sistema de drenaje de la quebrada Chimita tanto en muros de gaviones reforzados (MGR), como en muro en concreto con pilotes (MCP), pero dicha canalización se ha visto erosionada con el paso del tiempo por las aguas de la quebrada. (Ver figura 42).



*Figura 42.* Obra de Canalización del sistema de drenaje (CD) de la quebrada Chimitá. Estación 8.



*Figura 43.* Obra de Canalización del sistema de drenaje que se encuentra erosionada por gravedad y flujo de la corriente de la quebrada Chimitá. Estación 9.

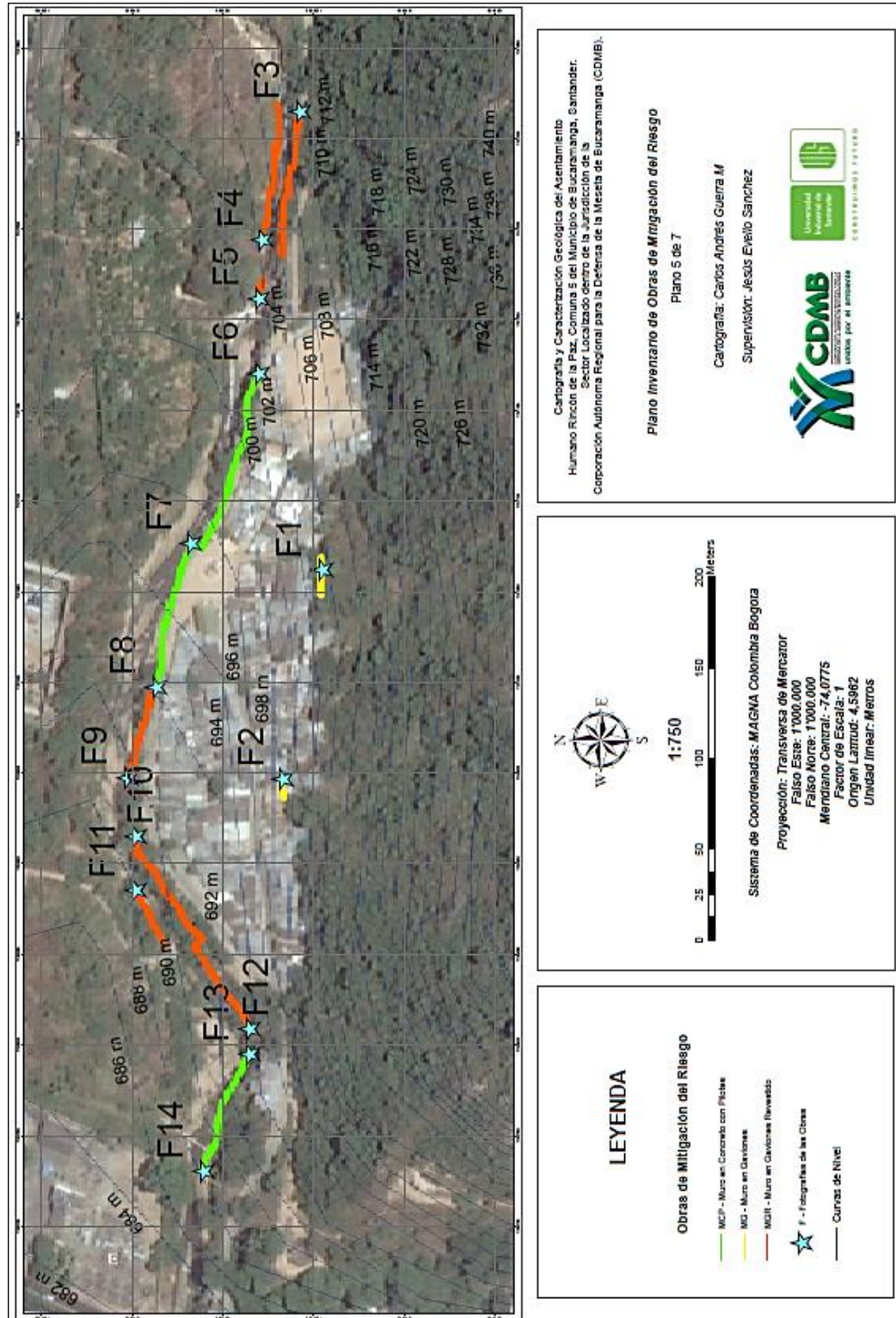


Figura 44. Plano de inventario de obras de mitigación de riesgo a desastres (Apéndice L).

A continuación, se describen las fotos tomadas sobre la quebrada Chimita y que a su vez se encuentran ubicadas dentro del Plano de inventario de obras de mitigación de riesgo a desastres en la figura 44.



*Figura 45.* Foto 3 (izquierda) y foto 4 (derecha), en las que se observa el muro en gavión reforzado muy erosionado por el cauce de la quebrada.



*Figura 46.* Foto 5 (izquierda) se evidencia la erosión del muro en gaviones reforzado en la unión de las quebradas La Joya y La Rosita que dan nacimiento a la quebrada Chimita. Foto 6 (derecha), en la que se observa el inicio del primer muro en concreto con pilotes al borde del asentamiento.



*Figura 47.* Foto 7 (izquierda) en la que se ve un desnivel en el muro de concreto con pilotes debido a que fue construido en épocas diferentes y no se logró un buen empalme, teniendo en cuenta el descenso de altura en la quebrada, ocasionando que la quebrada se filtre por debajo del muro socavando los cimientos. Foto 8 (derecha) se observa el nivel de descenso de la quebrada Chimita y la finalización del muro en concreto con pilotes para ser empalmado con un muro en gaviones con refuerzo.



*Figura 48.* Foto 9 (izquierda) y foto 10 (derecha) en las que se evidencian los depósitos de terraza baja (Qal1) que han sido cubiertos por vegetación, lo que indica que en este sector la energía de la quebrada Chimita disminuye y genera un área de depositación de sedimentos.



*Figura 49.* Foto 11 (izquierda) y foto 12 (derecha) en estas imágenes se observa como la extracción de las gravas y arena de la quebrada por parte de los pobladores del asentamiento contribuye al socavamiento y la posterior erosión de las obras de mitigación.



*Figura 50.* Foto 13 (izquierda) y foto 14 (derecha) en estas imágenes se observa el inicio y fin del muro en concreto con pilotes que canaliza la quebrada Chimita a medida que termina su paso frente al asentamiento.

## 6.5 Mapa de Pendientes

Se observa que en la zona la mayoría del terreno presenta pendientes bajas y medias que no superan los  $30^\circ$  a excepción del talud de estoraques que se encuentra próximo a las viviendas que se ubican al sur del asentamiento con un ángulo de inclinación de alrededor de los  $90^\circ$ , (ver figura 51). Los rangos de porcentaje de pendiente usados son en base a la Resolución de la

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), número 001294 del 29 de diciembre del (2009). (Ver numeral 4.3.3).



Figura 51. Plano de pendientes. (Apéndice M).

## **6.6 Susceptibilidad de Remoción en Masa**

Los cálculos para la generación de la susceptibilidad se tomaron de la Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa (2009), del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), (2012). (Ver numeral 4.3.6).

La zona más propensa a remoción en masa es la del borde de las laderas que se hallan inmediatamente encima de las viviendas del asentamiento, construidas en la base del talud; otro sector a tener en cuenta de acuerdo a los resultados son los bordes de la quebrada Chimita, (Ver figura 52), debido al aumento de su caudal en temporada de lluvias, pero se destaca que este cauce se encuentra canalizado en un gran tramo hacía el costado del asentamiento y no existen viviendas tan próximas a su nivel de influencia.

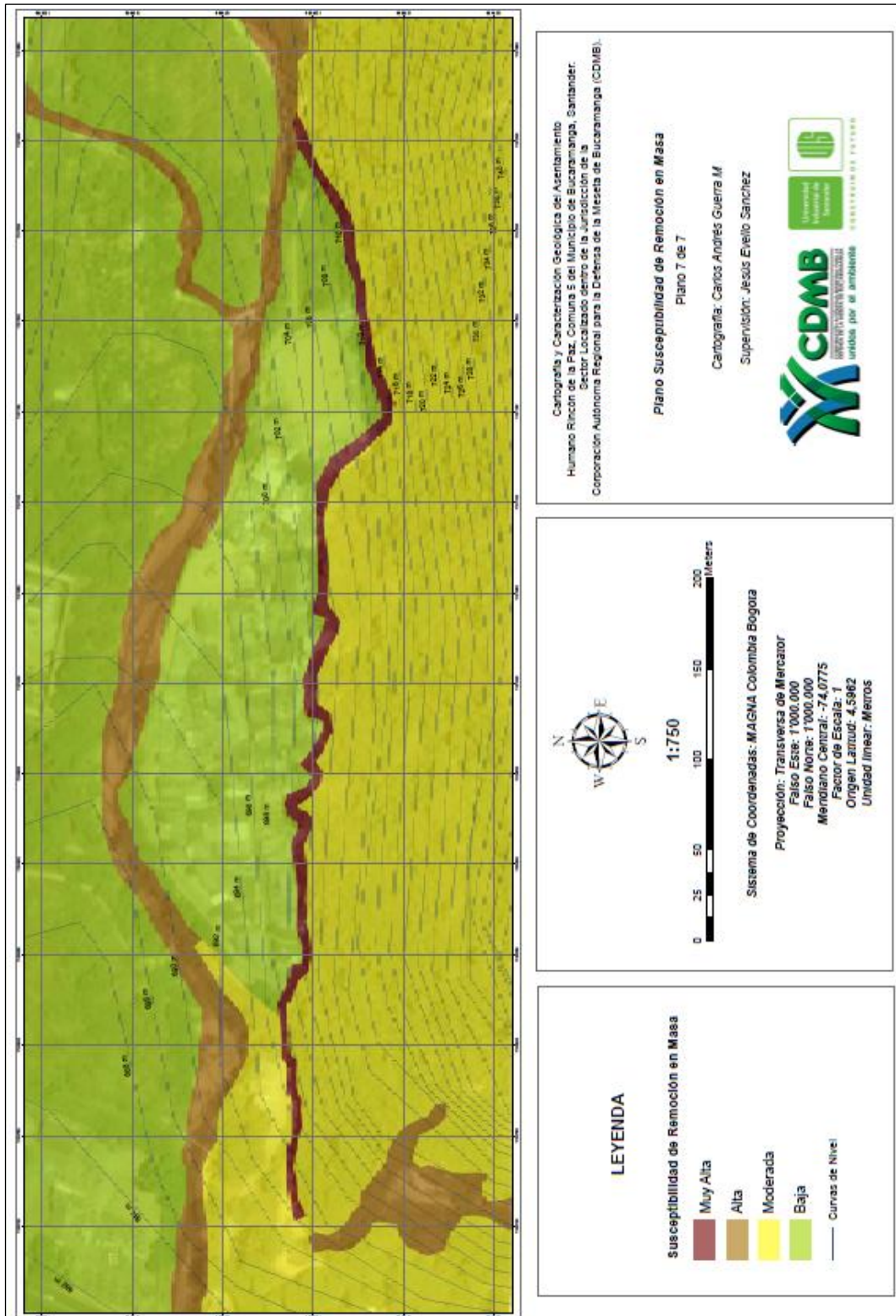


Figura 52. Plano de susceptibilidad a movimientos por remoción en masa. (Apéndice N).

## 7. Conclusiones

En este proyecto se identifican las unidades geológicas para ingeniería en las que sólo se encuentra el Miembro Órganos (Qbo) perteneciente a la Formación Bucaramanga, como un depósito no consolidado, que en el escarpe de terraza de la quebrada Chimita se acuña a medida que esta se acerca a su desembocadura en el río de Oro, las demás unidades son de terrazas medias (Qal2), terrazas bajas (Qal1), coluviones (Ql) o depósitos del cauce actual de la quebrada Chimitá (Qal).

Actualmente la zona de estudio no presenta rasgos estructurales a nivel local y se caracteriza por corresponder a un área relativamente estable tectónicamente, sin embargo, existen fallamientos y lineamientos regionales, tales como la falla de Bucaramanga, la falla del Suarez y la falla de Suratá que han sido participes de la formación y la configuración de la zona a través del tiempo geológico.

El asentamiento humano Rincón de La Paz está fuertemente influenciado por procesos denudacionales los cuales son evidenciados en diferentes geomformas tales como los coluviones encontrados en el pie de la ladera. En estas laderas se suma la influencia del agua esorrentía en épocas de lluvias, lo cual hace que algunas zonas sean propensas a deslizamientos.

Existe en el área de trabajo influencia fluvial, evidenciada en el valle de incisión de la quebrada Chimita, la cual se encuentra canalizada, pero debido a su falta de mantenimiento y la constante erosión del agua las obras se han visto deterioradas.

Las coberturas del suelo identificado en la zona de estudio son zonas urbanizadas, vegetación secundaria, bosques fragmentados y tierras desnudas y degradadas. Las zonas de urbanización han ocasionado un deterioro de los suelos debido a que en los últimos años se ha incrementado la construcción de viviendas, disminuyendo drásticamente la cobertura vegetal y aumentando la susceptibilidad a movimientos de remoción en masa.

Los tipos de movimientos en masa presentes son los caídos por erosión diferencial y los flujos de detritos, que en la mayoría de las ocasiones se ven combinados. La mayoría de los anteriores tipos de deslizamientos han sido generados como consecuencia de los cortes realizados a las laderas de las montañas para la construcción de viviendas, a la quema de la cobertura vegetal, corrientes superficiales sin canalizar y ocupación de zonas de protección ambiental.

Las obras de mitigación son escasas en los alrededores del asentamiento, contando solamente con la canalización de la quebrada Chimita en algunos tramos y la presencia de gaviones construidos en el pie del talud a fin de mitigar el riesgo a deslizamientos.

Las manzanas más susceptibles a remoción en masa son la A, B, C, D, E, F, G, H, I, J y K; debido a que se encuentran en la base del talud de la ladera que ha sido socavada para la construcción de estas viviendas.

Las fotografías obtenidas de Google Earth para generar la línea de tiempo fueron de gran ayuda para el análisis geomorfológico debido a que evidencian la morfodinámica tanto de la quebrada

como de las laderas en el sector y a su vez se convierten en un respaldo gráfico del análisis de susceptibilidad a movimientos por remoción en masa.

## 8. Recomendaciones

De acuerdo a la metodología propuesta para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2012), que se aplica en este estudio; es importante aclarar que no se tiene en cuenta la variable suelos, debido a que la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) en la actualidad no cuenta con un estudio de suelos aplicado en el asentamiento que es objeto de estudio, por este motivo se hace necesario recomendar a la Corporación incluir estudios de suelos para proyectos futuros, debido a que pueden ser un factor determinante en la generación de un modelo con mayor exactitud y cercano a los valores reales.

Se recomienda a la CDMB realizar una zonificación de amenaza por movimientos en masa detallados, a través de análisis determinísticos y/o probabilísticos en el asentamiento humano Rincón de La Paz y de esta manera junto con el estudio de vulnerabilidad se pueda estimar el índice de riesgo en el que se encuentran las viviendas y habitantes del sector.

### Referencias Bibliográficas

- Alberding, H. (1957). Applications of principles of wrench-fault tectonics of Moody and Hill to northern South-America. *Bulletin of the Geological Society of America*, 68: 785-790.
- Astro, E., y Bernal, L. (1992). Localización preliminar de amenazas en los departamentos de Santander y Norte de Santander, Colombia. *Primeras Jornadas Sísmicas del Nordeste Colombiano. Bucaramanga. Memoria: 9-48.*
- Barrero, D., Pardo, A., Vargas, C. A., & Martínez, J. F. (2007). Colombian sedimentary basins: Nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal. In *Agencia Nacional de Hidrocarburos (Vol. 1, p. 92). ANH and B&M Exploration Ltda Bogotá.*
- Boinet, T., Bourgois, J. y Mendoza, H. (1989). La Falla de Bucaramanga (Colombia), su función durante la Orogenia Andina. *Geología Norandina*, 11: 3-10.
- Bueno E., SOLARTE A. (1994). *Geología y Comportamientos Erosivos del Área de Reserva Forestal de Bucaramanga. Tesis de grado para optar al título de Geólogo, Universidad Industrial de Santander. Departamento de Geología.*
- Cáceres, H., Camacho, R., y Reyes, J. (1980). The geology of the Ranchería Basin. *Sociedad Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, Geological Field-Trips Colombia (1980-1989). Bogotá: 1-31.*

- Cárdenas, M. A. C., Isaza, J. A. L., Naranjo, J. A. O., & Lombana, E. J. C. (2013). Análisis estructural del segmento Bucaramanga del Sistema de Fallas de Bucaramanga (sfb) entre los municipios de Pailitas y Curumaní, Cesar-Colombia. *Boletín de Geología*, 34(2)
- Campbell, C. J. (1965). The Santa Marta wrench fault of Colombia and its regional setting. Fourth Caribbean Geological Conference. Trinidad. Memoir: 247-261.
- Carrillo, E. y Bernal, L. (1992). Identificación de amenazas en la cuenca del Río Perchiquez, Cepitá, Santander, Colombia. *Primeras Jornadas Sísmicas del Nordeste Colombiano*. Bucaramanga. Memoria: 20.
- Carvajal, J.H. (2011). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia.
- Calberding, H. (1957). Applications of principles of wrench-fault tectonics of Moody and Hill to northern South-America. *Bulletin of the Geological Society of America*, 68: 785-790.
- CDMB, (2009): Resolución de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga número 001294 del 29 de diciembre del 2009.
- Cediel, F., y Cáceres, C. (2000). *Geological Map of Colombia*. Third Edition. Bogotá. GEOTEC Ltda.

- Cediel, F., Shaw, R.P., and Cáceres, C. (2003). Tectonic Assembly of the Northern Andean Block, in C. Bartolini, R.T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and Caribbean; hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*: 815-848.
- Cediel, F. (1968). El grupo Girón una molasa mesozoica de la cordillera oriental: Servicio Geológico Nacional (Colombia), *Bol Geológico*, v. XVI, p. 5-96.
- Cooper, M. A., Addison, F. T., Alvarez, R., Coral, M., Graham, R., Hayward, A. B., & Pulham, A. J. (1995). Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and middle Magdalena Valley, Colombia. *AAPG bulletin*, 79(10), 1421-1442.
- Cortés, M., J. Angelier, and B. Colleta (2005), Paleostress evolution of the northern Andes (Eastern Cordillera of Colombia): Implications on plate kinematics of the South Caribbean region, *Tectonics*, TC1008, DOI KP:10.1029/2003TC001551.
- Clavijo, J. (1985). Facies siliciclásticas de arenitas. *Publicaciones Especiales del INGEOMINAS No. 16*, IV 1-18
- Clavijo, J., Mendoza, H., Royero, J.M., Bernal, L., y Reyes, G. (1993). Contribución al conocimiento de la geología de los Santanderes. Cuarto Simposio de Geología Regional. Bucaramanga. INGEOMINAS. Documento interno, 99p.

- Clavijo, J. (1994). Mapa geológico generalizado de Norte de Santander. Escala 1:250.000. Mapa interno. Bucaramanga. INGEOMINAS.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes. Transportation research board special report, (247).
- De Porta, J. (1959). La terraza de Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander (Colombia), Boletín de Geología, no 3, p. 3-13.
- Díaz, J. S. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos.
- Duque-Caro, H. (1980). Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. Boletín Geológico, INGEOMINAS, 23 (3): 4-37.
- Etayo, F., y Rodríguez, G.I. (1985). Edad de la Formación Los Santos. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales, INGEOMINAS, 16: XXVI, 1-12.
- Dickey, P.A. (1941). Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia: American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 25: 1789-1795.
- Gansser, A. (1954). The Guiana Shield (S. America). Geological observations. Ecl. Geol. Helv. Basel, 47 (1): 77-112.

García, C., & Ríos, C. (1999). Metamorfismo y metalogenia asociada del Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia. Informe final Proyecto de Investigación, 1102-05.

García, C., & Uribe E. (2006). Caracterización Geológica y Mineralógica del Yacimiento la Tosca (Vetas, Santander, Colombia): Implicaciones para el Procesamiento Mineral de las Menas Auroargentíferas. Boletín de Geología, 28(2).

Gansser, A. (1955). Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Sudamerika). Mineralog. u. Petrog., Mitt., Schweizer. 35 (2): 209-279.

Goldsmith, R.; Marvin, R. & Mehnert, H., (1971): Radiometric Ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. US Geological Survey, Professional Paper, (750D): D44-D49. Denver.

Grupo de Estándares Para Movimientos en Masa (GEMMA). (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Recuperado de file:///C:/Users/Anderson/Downloads/MovimientosenmasaRegionAndina.pdf

Hedberg, H.D. (1931). Cretaceous Limestone as a petroleum source rock in the northwestern Venezuela: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 15, p. 229-246.

Hettner A. (1982). Die Kordillere Von Bogotá: Gotha, Patermans Mitteil., Bd. 22, Ergänzungsheft 104, 131 p.

Hubach, E. (1952). Interpretación geológica de la erosión y de los deslizamientos en Bucaramanga, y medidas de defensa.

Hubach E. (1957). Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia: Servicio Geológico Nacional (Colombia), Informe 1212, 166p.

Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales (IDEAM), (2012). Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa. Recuperado de [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM\\_oficial\\_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745)

Instituto Colombiano De Geología Y Minería (INGEOMINAS), (2001), Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área metropolitana de Bucaramanga.

Irving, E.M. (1971). La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. Boletín Geológico, INGEOMINAS, 19 (2): 1-89.

Julivert, M., (1958). La infraestructura de la zona de Mesas al SW de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología, UIS, 1: 7-44.

- Julivert M. (1963). Nuevas Observaciones sobre la Estratigrafía y Tectónica del Cuaternario de los Alrededores de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología. No 15, pg 41-59.
- Julivert M. & Tellez N. (1963). Sobre la presencia de Fallas de edad Precretácica y Post-Girón (Juratriásico) en el Flanco W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental, Colombia). Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología. No 12, pg 5-17.
- Lanhenheim R. L. Jr. (1954). Preliminary and Early Mesozoic land fossils from the Cordillera Oriental of Colombia and correlation of the Girón Formation: Servicio Geológico Nacional (Colombia), Bol. Geol., v. VIII, p. 95-132.
- Laverde, F. (1985). La Formación los Santos: Un depósito continental anterior al ingreso marino del Cretácico. En Proyecto Cretácico. Tectónica y sedimentación. Publicaciones Especiales del INGEOMINAS 16, XX 1-24.
- León, L.A. (1991). Mapa Geológico del Departamento de Santander. Escala 1:800.000. Boletín de Geología, UIS, 20 (35): 53-63.
- Mantilla - Figueroa, L. C., Ramírez, C. A. G., & Valencia, V. A. (2016). Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades u-pb en circones detríticos. Boletín de Geología, 38(1), 44-50.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, (2014). Guía Metodológica para el Inventario de Asentamientos en Zonas de Alto Riesgo. Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Aplicaciones/guia-aplicacion-asentamientos.PDF>

Navas J. (1962). A contribution to the knowledge of the devonian faunas of Colombia: Universidad Industrial de Santander (Colombia), Boletín de Geología no 19, p. 51-111.

Niño A., VargaS G. (1992). Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Geología. CDMB.

París, G., y Sarria, A. (1988). Proyecto Geofísico del Nordeste Colombiano. Cali. INGEOMINAS. Informe interno, 48p.

Royero, J.M. (1994). Geología de la Plancha 65, Tamalameque (Departamentos del Cesar y Bolívar). Memoria Explicativa. Bucaramanga. INGEOMINAS. 53p.

Schuchert, C. (1935). Historical Geology of the Antillean Caribbean región: New York, Jhon Wiley and Sons, Inc., 811p.

Servicio Geologico Colombiano (SGC), (2015). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Bogotá, DC, Colombia.

Suarez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Recuperado de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>

Suarez, C. L. U., & Castrillón, C. A. Z. (2011). Petrografía del neis de Bucaramanga en cercanías a Cepitá, Berlín y Vetas–Santander. *Geología Colombiana*, 36(1), 37-55.

Toro, J. (1990). The termination of the Bucaramanga Fault in the Cordillera Oriental, Colombia, Master's Thesis, University of Arizona, Department of Geosciences, Tucson, 60p.

Tschanz, C., Jimeno, A., and Cruz, J., (1969). Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta area, Colombia. Informe interno 1829. INGEOMINAS. Bogotá. Preliminary report, 288p.

Tschanz, C., Marvin, R., Cruz, J., and Mehnert, H. (1974). Geologic evolution of The Sierra Nevada de Santa Marta, North Eastern Colombia. *Bulletin Geological Society of America*, 85 (2): 273-284.

Trumpy, D. (1943). Pre-Cretaceous of Colombia: *Geol. Soc. América Bull.*, v. 54p. 1281-1304.

Universidad Industrial DE Santander, (2015). Reglamento Académico – Estudiantil de Pregrado (Ed. rev.). Recuperado de <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/acercaUis/reglamentos/reglamentoPregrado.pdf>

- Veliz C. D. (2009). Estabilización de taludes con pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.
- Ward D., Goldsmith, R., Cruz, J., y Restrepo, H. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico, INGEOMINAS, 21 (1- 3): 1-32.
- Young, G.A., Bellizzia, A., Johnson, F.W., Renz, H.H., Robie, R.H., y Vall, J.M. (1956). Geología de las Cuencas Sedimentarias de Venezuela y de sus Campos Petrolíferos. Boletín de Geología. Publicación Especial. Caracas, 2: 1-140.