

**Actualización Del Plan De Ordenación Y Manejo Ambiental De La Cuenca Hidrográfica
Del Río Alto Lebrija: Componentes Geológicos Y Geomorfológicos Para La
Caracterización Del Medio Físico De La Cuenca Hidrográfica, Zona Centro**

Diana Marcela Jaimes Rincón

Código: 2112395

Trabajo de Grado Modalidad Práctica Empresarial Para Optar Al Título De Geóloga

Director

Juan Diego Colegial Gutiérrez

Geólogo, PhD

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga, Santander

2017

Tabla de Contenido

Introducción	13
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos	16
2. Antecedentes y Contextualización	18
3. Localización	26
4. Justificación	30
5. Metodología aplicada	31
6. Marco Geológico Regional	36
6.1 Estratigráfica de la Cuenca del Río Alto Lebrija	38
6.2 Geología Estructural de la Cuenca del Río Alto Lebrija	54
6.3 Geología económica de la cuenca del Río Alto Lebrija	64
7. Geología del Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija	69
7.1 Unidades Litoestratigráficas de la Zona Centro de la Cuenca Rio Alto Lebrija	70
7.2 Geología Estructural de la Zona Centro de la Cuenca Rio Alto Lebrija	85
8. Geomorfología de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija	92
8.1 Unidades Y Subunidades Geomorfológicas	93
8.1.1 Subunidades de Origen Denudacional	94

ACTUALIZACION POMCA RIO ALTO LEBRIJA – ZONA CENTRO	5
8.1.2 Subunidades de Origen Estructural	102
8.1.3 Subunidades de Origen Fluvial	109
8.1.4 Subunidades de Origen Glacial Y Periglacial	114
8.2 Inventario de fenómenos de remoción en masa presentes en la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija.	117
9. Unidades Geológicas Superficiales de la de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija	123
9.1 Unidad de Roca Dura	124
9.2 Unidad de Roca Intermedia	126
9.3 Unidad de Roca Blanda	127
9.4 Unidad de Suelo Residual	128
9.5 Unidad de Suelos Transportados	130
10. Actividades Complementarias - Componente Participación Comunitaria Y Comunicaciones de la Cuenca Hidrográfica Alto Lebrija	131
11. Observaciones y Sugerencias	134
12. Referencias Bibliográficas	136

Lista De Figuras

Figura 1. Áreas y zonas Hidrográficas de Colombia.	20
Figura 2. Cuencas en Jurisdicción de la CDMB.	21
Figura 3. Localización geográfica Cuenca Alto Lebrija	26
Figura 4. Ubicación Provincia Soto – Municipio y Veredas.	27
Figura 5. Cuencas límites de la Cuenca del Río Alto Lebrija.	28
Figura 6. Microcuencas y planchas topográficas de la zona centro de la cuenca del Río Alto Lebrija.	29
Figura 7 Diagrama del Plan operativo para los componentes Geología y Geomorfología.	31
Figura 8. Esquema Tectónico del Departamento de Santander	37
Figura 9. Imagen del Mapa geológico Regional de la Cuenca Río Alto Lebrija	38
Figura 10 Esquema estructural del Departamento de Santander.	55
Figura 11. Minerales metálicos y preciosos en la Cuenca Río Alto Lebrija.	65
Figura 12. Imagen del Mapa Geológico de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija.	70
Figura 13. Formación Diamante	71
Figura 14. Formación Bocas	72
Figura 15. Formación Jordán	73
Figura 16. Formación Girón.	74
Figura 17. Formación Los Santos (Tambor)	75
Figura 18. Formación Rosablanca.	76
Figura 19. Formación Paja	77
Figura 20. Formación Tablazo.	78
Figura 21. Formación La Luna	79

Figura 22. Formación Umir	80
Figura 23. Neis de Bucaramanga	81
Figura 24. Formación Silgará	82
Figura 25. Ortoneis.	83
Figura 26. Cuarzomonzonita de La Corcova	84
Figura 27. Granodiorita del Batolito de Rionegro	85
Figura 28. Falla Bucaramanga	87
Figura 29. Falla Surata	88
Figura 30. Falla Tona	89
Figura 31. Microfallas	90
Figura 32. Plegamiento	91
Figura 33. Diaclasamiento	91
Figura 34. Imagen de Mapa Geomorfológico de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija.	93
Figura 35. Colina remanente disectada	95
Figura 36. Colina Residual.	96
Figura 37. Escarpe de Erosión Mayor	97
Figura 38. Loma Residual.	98
Figura 39. Lomeríos Disectados	99
Figura 40. Planicie	100
Figura 41. Sierra Denudada	101
Figura 42. Cuesta.	102
Figura 43. Escarpe de Línea de Falla.	103
Figura 44. Espolón Faceteado.	104
Figura 45. Gancho de Flexión.	105

Figura 46. Ladera de Contrapendiente	106
Figura 47. Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal	107
Figura 48. Ladera Estructural de Sierra Sinclinal	108
Figura 49. Lomo de Obturación.	109
Figura 50. Cauce Aluvial	110
Figura 51. Llanura de Inundación	111
Figura 52. Terraza de Acumulación Subreciente	112
Figura 53. Terraza de Acumulación Antigua	113
Figura 54. Circo glacial y de nivación	115
Figura 55. Espolón Estructural Glaciado	116
Figura 56. Ladera estructural sierra sinclinal glaciada	117
Figura 57. Imagen de Mapa de Fenómenos de Remoción en Masa de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija.	118
Figura 58. Caída de Bloques	119
Figura 59. Caída de detritos	120
Figura 60. Deslizamiento Traslacional	121
Figura 61. Deslizamiento - Flujo Seco	122
Figura 62. Deslizamiento - flujo de detritos	122
Figura 63. Imagen del Mapa UGS - Zona Centro	124
Figura 64. Roca Dura	125
Figura 65. Roca Intermedia	127
Figura 66. Roca Blanda	128
Figura 67. Suelo Residual.	129
Figura 68. Suelos Transportados. Coluvión	130

Figura 69. Actividades Complementarias - Participación Comunitaria Y Comunicaciones de la Cuenca
Hidrográfica Alto Lebrija – Integrantes Concejo de Cuenca.

133

Apéndices

Apéndice A. Mapas de foto-interpretación geológica

Apéndice B. Mapa de foto-interpretación geomorfológica

Apéndice C. Rutas de Campo – Primera Salida

Apéndice D. Rutas de Campo – Segunda Salida

Apéndice E. Mapa Geológico Regional

Apéndice F. Formato: Caracterización de Geomorfología con fines de Cartografía de Unidades de Geología para Ingeniería.

Apéndice G. Mapa Geológico de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija a escala 1:25.000

Apéndice H. Mapa Geomorfológico de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija a escala 1:25.000

Apéndice I. Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa de campo

Apéndice J. Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa del SIMMA.

Apéndice K. Formato de Deslizamientos para Inventario de Remoción en Masa

Apéndice L. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales Preliminar

Apéndice M. Formato: Caracterización de Suelos con Fines de Cartografía de Unidades de Geología para Ingeniería

Apéndice N. Formato: Caracterización de Macizo Rocoso

Apéndice Ñ. Perfil de Meteorización

Apéndice O. Génesis y Textura de Unidades

Apéndice P. Índices de Compresión.

Apéndice Q. Tipos de Suelos

Apéndice R. Consistencia y Densidad de Suelos

Apéndice S. Formato: Propiedades Geomecánicas

Apéndice T. Tabla de GSI

Apéndice U. Tabla de tipo de relleno

Apéndice V. Flujo de Agua de Discontinuidades

Apéndice W. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) a escala 1:25.000.

Apéndice X. Mapa de fenómenos de remoción en masa

Resumen

Título: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO LEBRIJA: COMPONENTES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA, ZONA CENTRO¹

Autores: DIANA MARCELA JAIMES RINCÓN

Palabras Clave: POMCA, Actualización, Medio Físico, Fases, Diagnóstico, Componente Geología y Geomorfología, Cuenca Hidrográfica.

Descripción:

Los Planes de Ordenación y Gestión Ambiental de las Cuencas Hidrográficas (POMCA) son el instrumento a través del cual se realiza el uso coordinado del suelo, las aguas, la flora y la fauna y el manejo de la cuenca, en el que participa la población que vive en el territorio de la cuenca, orientando el buen uso y manejo sostenible de dichos recursos, con el fin de mantener o restablecer un equilibrio adecuado entre el uso social y económico de dichos recursos y la conservación de la estructura física y la función Biótica de la cuenca.

Para el desarrollo de este documento, la práctica se lleva a cabo durante la fase de diagnóstico de la zona central del POMCA de la Cuenca del Río Alto Lebrija y se completa la actualización de la geología y geomorfología del componente físico, en base a las directrices establecidas por la guía técnica para la formulación del POMCA 2014. La descripción de las unidades geológicas, estratigrafía y tectónica presentes en la cuenca hidrográfica se realizó para el aspecto geológico, obteniendo como producto final el mapa geológico y la leyenda geológica a una escala de 1: 25.000; de la misma manera para la geomorfología la identificación y caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas y la identificación de los procesos morfodinámicos que permiten establecer las amenazas de origen natural, la susceptibilidad de las geoformas y los procesos erosivos presentes en la zona, obteniendo como producto final el mapa geomorfológico y leyenda en escala 1: 25.000.

¹ Proyecto de Grado

¹ Escuela de Geología, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas UIS, Director: Juan Diego Colegial

Abstract

Title: UPDATE OF THE ORDERING AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN OF THE RIO ALTO LEBRIJA HYDROGRAPHIC BASIN: GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL COMPONENTS FOR THE CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL ENVIRONMENT OF THE HIDROGRAPHIC BASIN, CENTRAL AREA.²

Authors: DIANA MARCELA JAIMES RINCON.³

Key words: POMCA, Update, Physical Environment, Phases, Diagnosis, Component Geology and Geomorphology, Hydrographic Basin.

Description:

The Ordering and Environmental Management Plans of Hydrographic Basins (POMCA) are the instrument through which the performing of the coordinated use of the soil, waters, flora and fauna and the management of the basin is carried out, in which it participates the population wick living in the territory of the basin, steering the good use and sustainable management of such resources, so as to maintain or restore an adequate balance between the social and economic use of such resources and the conservation of the physical structure and Biotic function of the basin.

For the development of this document, the practice is carried out during the diagnostic phase of the central zone of the Alto Lebrija River Basin's POMCA, and was complete the updating of the geology and geomorphology of the physical component, based on the guidelines established by the Technical Guide for the Formulation of POMCA 2014. The description of the geological units, stratigraphy and tectonics present in the river basin was done for the geology aspect, obtaining as a final product the geological Map and geological legend at a scale of 1: 25.000, in the same way for the geomorphology the identification and characterization of the geomorphological units and subunits, and the identification of the morphodynamic processes that allow to establish the threats of natural origin, the susceptibility of the geofoms and the erosive processes present in the area, having as final product geomorphological map and legend in scale 1: 25,000.

² Graduation project

³ School of Geology, Faculty of Physicochemical Engineering UIS, Director: Juan Diego Colegial

Introducción

La modalidad práctica empresarial es una experiencia académica que permite fortalecer y/o desarrollar habilidades y competencias personales y profesionales, puesto que entra en contacto e interactúa con proyectos específicos, con la realidad de contextos empresariales, para este caso “Actualización Del Plan De Ordenación Y Manejo Ambiental De La Cuenca Hidrográfica Del Rio Alto Lebrija: Componentes Geológicos Y Geomorfológicos Para La Caracterización De La Zona Centro De La Cuenca Hidrográfica”.

Los *planes de ordenación y manejo cuencas hidrográficas* (POMCA) son instrumentos propicios para que tanto en su formulación como en su implementación se construyan escenarios que permitan el desarrollo de la gobernanza del agua, donde se reflejen los acuerdos y compromisos entre el poder público, la sociedad civil, las comunidades étnicas y los sectores económicos (MinAmbiente, 2014), en otras palabras es el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos (SDA).

La formulación e implementación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas requiere del desarrollo de seis fases: aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación ambiental, formulación, ejecución y seguimiento y, evaluación (MinAmbiente, 2014).

El desarrollo de esta práctica empresarial se da durante la fase de diagnóstico del POMCA del Rio Alto Lebrija, la cual determinará el estado actual de la misma en sus componentes: físico-

biótico, socioeconómico y cultural, político administrativo, funcional y de gestión del riesgo. Considerándose como finalidad de la práctica y para la realización de este documento los aspectos de Geología y Geomorfología del componente Físico-Biótico para la caracterización de la zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija, basado en los lineamientos establecidos por la Guía Técnica para la Formulación del POMCA 2014.

Este documento es el resultado de una serie de actividades que se desarrollaron durante la práctica empresarial del proyecto, en las cuales cabe destacar: análisis y recopilación de información, inducción o pre-campo, salidas de campo y finalmente interpretación de información obtenida y redacción del documento final, el cual contiene una descripción de las generalidades de la zona (localización, objetivos, metodología, antecedentes, justificación, marco geológico regional) y una descripción y desarrollo de productos finales (mapas Geológico, Geomorfológico, UGS y de Fenómenos de Remoción en Masa), así como también un aporte y apoyo al componente social en cuanto a la estrategia de participación del POMCA.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Realizar la caracterización Geológica y Geomorfológica de la Zona Central de la Cuenca del Rio Alto Lebrija, con el fin de actualizar el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA), siguiendo los criterios, procedimientos y lineamientos de la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas y sus alcances técnicos (2014).

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar trabajo de campo para identificar, corroborar y precisar la geología, las unidades y subunidades geomorfológicas, las unidades geológicas superficiales (UGS) y los eventos morfodinámicos que afloran y se encuentran presentes en el área de trabajo.
- Realizar un marco geológico regional que incluya la secuencia estratigráfica, unidades geológicas correspondientes, geología estructural regional y evolución geológica regional de la Zona Central de la cuenca del Rio Alto Lebrija

- Elaborar los mapas Geológico, Geomorfológico, Unidades Geológicas Superficiales (UGS) y de Eventos Morfodinámicos de la Zona Centro de la cuenca del Río Alto Lebrija a escala 1:25.000.

- Adquirir información característica (datos estructurales) de macizos rocosos como aporte al componente de gestión del riesgo para el análisis de amenaza y vulnerabilidad de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija.

- Brindar apoyo en el proceso de socialización a la comunidad, sobre la importancia del adecuado manejo de las fuentes hídricas que afectan la zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija.

2. Antecedentes y Contextualización

“La gestión del recurso hídrico y el concepto de ordenación de cuencas hidrográficas, es el instrumento que garantiza la restauración, protección y conservación del patrimonio natural”. (CRC, 2017).

Por esta razón, “en Colombia la obligación legal se establece en el artículo 5 de la Ley 99 de 1993, donde se definen las funciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y le confiere la obligación de formular las Políticas Nacionales en relación al Medio Ambiente y los recursos naturales renovables, y además, establecerá las reglas y criterios de ordenamiento ambiental de uso del territorio y fija las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y demás áreas de manejo especial, al igual establece la competencia a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en la ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas en el área de su jurisdicción”. (CRC, 2017).

“De conformidad con el contexto anterior, se expidió el Decreto 1729 del 6 de agosto de 2002 modificado por el Decreto 1640 de 2012, por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos”. (CRC, 2017).

“El Decreto 1640 del 2 de Agosto de 2012, asigna a las CAR`s y a las Comisiones Conjuntas (en cuencas compartidas) la responsabilidad de elaborar "Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas", POMCAS, con el fin principal de atender necesidades de prevención, protección, restauración y conservación de los recursos naturales, especialmente del recurso hídrico con sustento en estudios de oferta y demanda”. (CRC, 2017).

“En 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), expidió la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, la cual define la cuenca hidrográfica como una unidad espacial de análisis y de gestión, en donde el agua interactúa con los demás recursos naturales renovables, elementos ambientales y/o ecosistemas estratégicos que la integran, así como los elementos antrópicos que influyen positiva o negativamente en la misma y los actores clave para la gestión integrada del recurso hídrico (Autoridades Ambientales, usuarios, entes territoriales y demás entidades tanto públicas como privadas que actúan en la cuenca). Como subsistema biofísico la cuenca está constituida por una oferta ambiental en un área delimitada por la línea divisoria de aguas y con características específicas de clima, suelo, bosques, red hidrográfica, usos de suelo, componentes geológicos, etc.” (MinAmbiente, 2014).

“La zonificación de cuencas hidrográficas corresponde a tres niveles de jerarquía: áreas, zonas y subzonas hidrográficas. En Colombia se distinguen cuatro vertientes (áreas), dos de ellas asociadas a ríos de importancia continental (vertiente del Orinoco y vertiente del Amazonas) y las vertientes del Atlántico y del Pacífico. Se delimita adicionalmente como área hidrográfica la cuenca Magdalena-Cauca, que aunque tributa y forma parte de la vertiente del Atlántico, tiene importancia socioeconómica por su alto poblamiento y aporte al producto interno bruto” “Las cuencas hidrográficas que entregan o desembocan sus aguas superficiales directamente de un área hidrográfica se denominaran zonas hidrográficas. Agrupan varias cuencas que se presentan como un subsistema hídrico con características de relieve y drenaje homogéneo y sus aguas tributan a través de un afluente principal hacia un área hidrográfica. Están integradas por cuencas de las partes altas, medias o bajas de una zona hidrográfica que captan agua y sedimentos de los tributarios de diferente orden tales como nacimientos de agua, arroyos, quebradas y ríos. Las

cuencas que tributan sus aguas a su vez a las zonas hidrográficas se denominan subzonas hidrográficas” (Figura 1) (IDEAM, 2013). De esta forma la Cuenca Rio Alto Lebrija (Subzona) se encuentra en la zona medio magdalena en el área de Magdalena – Cauca.

AH	NOMBRE AH	ZH	NOMBRE ZH		
1	Caribe	11	Atrato-Darién		
		12	Caribe-Litoral		
		13	Sinú		
		15	Caribe-La Guajira		
		16	Catatumbo		
		17	Islas del Caribe		
		2	Magdalena-Cauca	21	Alto Magdalena
22	Saldaña				
23	Medio Magdalena				
24	Sogamoso				
25	Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge				
26	Cauca				
27	Nechí				
28	Cesar				
29	Bajo Magdalena				
3	Orinoco			31	Inirida
				32	Guaviare
		33	Vichada		
		34	Tomo		
		35	Meta		
		36	Casanare		
		37	Arauca		
		38	Orinoco Directos		
		39	Apure		
		4	Amazonas	41	Guainía
42	Vaupés				
43	Apaporis				
44	Caquetá				
45	Yarí				
46	Caguán				
47	Putumayo				
48	Amazonas - Directos				
49	Napo				
5	Pacífico			51	Mira
		52	Patía		
		53	Tapaje-Dagua-Directos		
		54	San Juan		
		55	Baudó-Directos Pacífico		
		56	Pacífico-Directos		
		57	Islas del Pacífico		

Magdalena-Cauca	21	Alto Magdalena
	22	Saldaña
	23	Medio Magdalena
	24	Sogamoso
	25	Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge
	26	Cauca
	27	Nechí
	28	Cesar
	29	Bajo Magdalena

Figura 1. Áreas y zonas Hidrográficas de Colombia.

Nota: Adaptado de Zonificación Y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia (IDEAM, 2013).

“En el año 2014 se firmó un convenio entre la CDMB y el Fondo de Adaptación, en el marco del proyecto nacional 130 POMCAS, con el objetivo de incorporar la gestión del riesgo en las cuencas afectadas por la ola invernal 2010-2011. En jurisdicción de la CDMB se priorizaron las cuencas propias Alto Lebrija, Cáchira Sur y las cuencas compartidas Lebrija Medio y Sogamoso” (Figura 2). “En el año 2015, se realizó la contratación de las consultorías para el Ajuste (Actualización) del POMCA Alto Lebrija (código 2319-01), se adjudicó en el mes de diciembre de 2015 mediante la celebración del contrato No. 10111-04 de 23 de diciembre de 2015, adjudicado a la Unión Temporal Río Lebrija Alto 2015, el cual dio inicio en el mes de febrero de 2016” (CDMB, 2017).

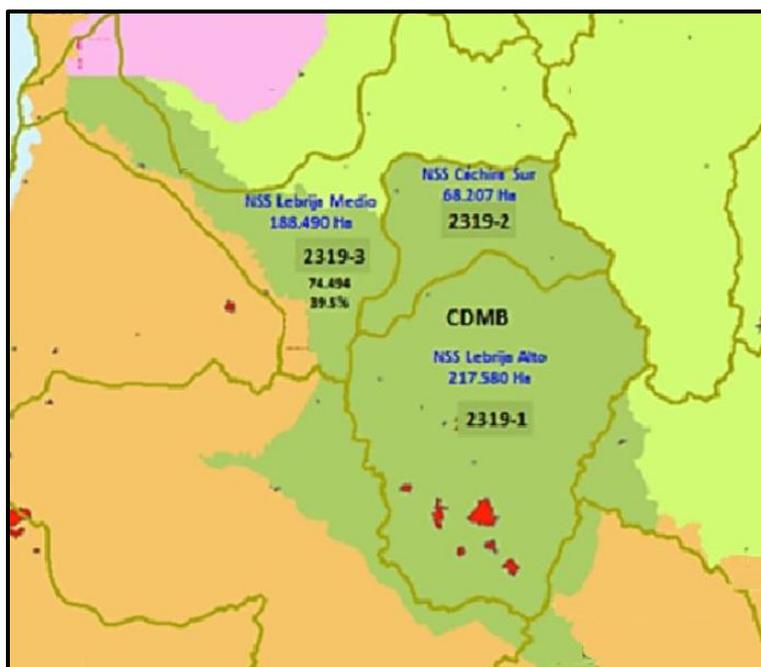


Figura 2. Cuencas en Jurisdicción de la CDMB.

Nota: Adaptado de consejo de Cuenca. (www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/consejo-de-cuenca-pomcas)

Teniendo en cuenta las características fisicobióticas comunes. La cuenca del Río Alto Lebrija consta o se subdivide en cinco (5) Subcuencas; Lebrija Alto: Conformada por las microcuencas La Honda, Angula, Lajas y El Aburrido, con una extensión aproximada de 31.468 has, Río Suratá: Conformada por las microcuencas Suratá Bajo, Tona, Charta, Suratá Alto y Vetas, con una extensión aproximada de 68.461 has, Río de Oro: Conformada por las microcuencas Oro Bajo, Frío, Oro Medio, Lato y Oro Alto, con una extensión aproximada de 58.346 has, Río Negro: Conformada por las microcuencas Negro Bajo, Santacruz y Samacá, con una extensión aproximada de 26.073 has. Río Salamaga o Salamanca: Conformada por las microcuencas Salamaga o Salamanca y Silgará, con una extensión aproximada de 22.632 has. De lo anterior, La Zona Central de la Cuenca del Río Alto Lebrija es constituida por ocho (8) microcuencas: sector de la cuenca Lebrija Medio, La Angula, Honda, Las Lajas, Negro Bajo, El Aburrido, Suratá Bajo y Toná, correspondientes a las subcuencas Lebrija Alto, parte de la Subcuenca Suratá Bajo y parte de la Subcuenca Rio Negro.

Para la actualización del POMCA Rio Alto Lebrija, se encuentra información base como; Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT), Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes de Ordenamiento y Manejo Ambiental (POAT) y Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de las diferentes subcuencas y municipios que se encuentran involucrados en la cuenca.

Según el Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental (POAT) de la Subcuenca Lebrija Alto (CDMB, 2008), la Subcuenca tiene un área de 31.468 hectáreas, distribuidas en 20.129 ha para la microcuenca Angula – Lajas, 7.495 microcuenca la honda y la Microcuenca el Aburrido 3.844 ha, con alturas que van desde 550 m.s.n.m., que corresponde a la entrega de aguas al Río Lebrija y 2.150 m.s.n.m. en la parte alta de la Microcuenca El Aburrido. El material geológico que se presenta en la microcuenca Angula Lajas es de edad jurásico y probablemente hasta el Triásico

llamada Formación Girón; corresponden a sedimentos de origen continental que por su posición, depósitos recientes; paisajes de montaña y lomerío, con procesos morfodinámicos de remoción en masa de variada intensidad y deslizamientos. En la microcuenca El Aburrido el material es de edad precámbrica a depósitos recientes, encontrándose paisajes de montaña, lomeríos, crestas, escarpes, filas, vigas y valles; con procesos morfodinámicos de remoción en masa de variada intensidad, en especial las avenidas torrenciales y deslizamientos; suelos de montaña y lomerío. En la microcuenca La Honda el material geológico que se presenta es de edad triásica a depósitos recientes, presentando paisajes de montaña, lomerío, crestas, escarpes, filas, vigas, valles y lomas; con procesos morfodinámicos de remoción en masa de variada intensidad, en especial las avenidas torrenciales, los deslizamientos y de reptación.

Según El Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial (POAT) de la Subcuenca de Río Negro. Microcuenca del Río Negro Bajo (GRADEX-INPRO, 2003). La microcuenca se encuentra dividida por el trazo principal de la falla de Bucaramanga en dos provincias geológicas: el macizo ígneo metamórfico de Santander al Noreste y los escarpes más orientales de la mesa de Lebrija conformados por rocas Sedimentarias, Aunque el rasgo estructural principal lo constituye la falla de Bucaramanga, en el área se han podido diferenciar por lo menos dos sistemas transversales a este, que tienen una gran influencia en el control del drenaje y en la conformación del paisaje.

Según El Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial (POAT) de la Microcuenca de Suratá Bajo (GRADEX, 2002). La superficie que posee la microcuenca del Río Suratá Bajo es de 125,990 Km², su máxima altitud está en los 1400 msnm y su desembocadura se encuentra en los 650 msnm. En el área afloran rocas sedimentarias, metamórficas de bajo grado de metamorfismo, e ígneas, distribuidas entre el paleozoico, jurásico, cretácico, y cuaternario. Estructuralmente la Falla del río Suratá se extiende desde Bucaramanga hacia el noroeste, paralela al curso del río, Se aprecian

sillas y pendientes estructurales que caracterizan el desplazamiento de la falla, lineamientos y fallas de menor escala, según Ward 1.973, la falla de Suratá se ramifica en su extremo sur donde desplaza a la Falla de Bucaramanga.

Según el Plan de Ordenación y Manejo Ambiental (POAT) Microcuenca Tona (GRADEX, 2002). La microcuenca del río Tona es una cuenca intermontana localizada entre las cuencas sedimentarias de Catatumbo (Maracaibo) y del Valle Medio del Magdalena, que tienen como basamento el denominado Macizo de Santander localizado al oriente de la falla de Bucaramanga y al occidente del sistema de fallas de Servita y Chitagá. El principal rasgo geológico lo constituyen los cerros de composición ígneo metamórfica y el sistemas de fallas de dirección sur norte que los separan afectan principalmente las rocas ígneo metamórficas del macizo de Santander, las rocas más antiguas cartografiadas en la microcuenca pertenecen a las formaciones neis de Bucaramanga y Silgará que conforman el llamado Macizo de Santander y su edad se remonta al Precámbrico, en esta zona sólo se conservan algunos relictos de la formación Girón, El hecho de que el macizo fuese límite de esta cuenca sedimentaria hace que las rocas sedimentarias cretácicas (Formaciones: Tambor, Rosablanca, Paja, Tablazo y La Luna) tengan cambios faciales y espesores diferentes a los reportados por la literatura geológica de las cuencas sedimentarias del Valle Medio del Magdalena Medio y Catatumbo.

Geológicamente la Cuenca RAL, comprende cuatro (4) planchas geológicas a escala 1:100.000: 109 Rionegro (1977), 110 Pamplona (1977), 120 Bucaramanga (1977) y 121 Cerrito (1977); y cubre 27 planchas topográficas del IGAC a escala 1:25.000. La cuenca AL se localiza sobre la zona occidental del Macizo de Santander, hacia la parte Norte de la Cordillera Oriental, donde se identifican rocas de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, las cuales se encuentran

afectadas principalmente por la Falla Bucaramanga y otras estructuras secundarias y/o lineamientos que controlan estructuralmente el curso de algunas quebradas de las cuencas.

3. Localización

La cuenca del Río Alto Lebrija (RAL) se encuentra localizada en el departamento de Santander (Colombia) (Figura 3), situada al Norte de la Cordillera Oriental y hacia la vertiente Occidental del Macizo de Santander. Posee una extensión total de 217.211 hectáreas, comprendiendo dicho territorio trece (13) municipios: Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Vetas, California, Suratá, Matanza, Charta, Toná, El Playón, Rionegro y Lebrija (CDMB, 2017) de la Provincia de Soto (Figura 4).

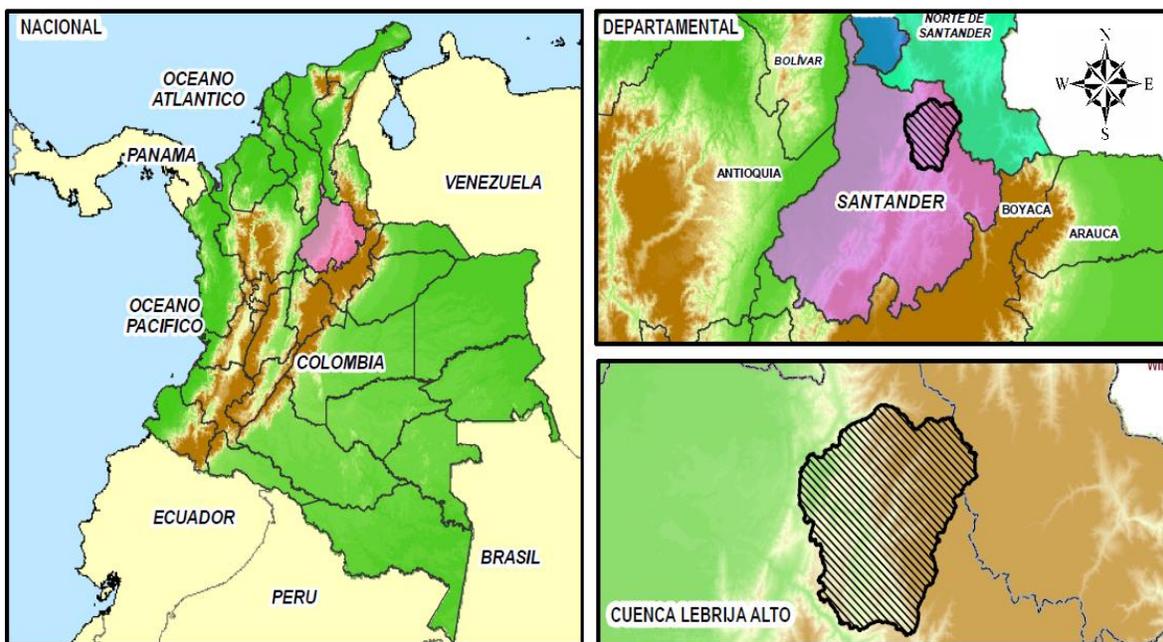


Figura 3. Localización geográfica Cuenca Alto Lebrija

Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

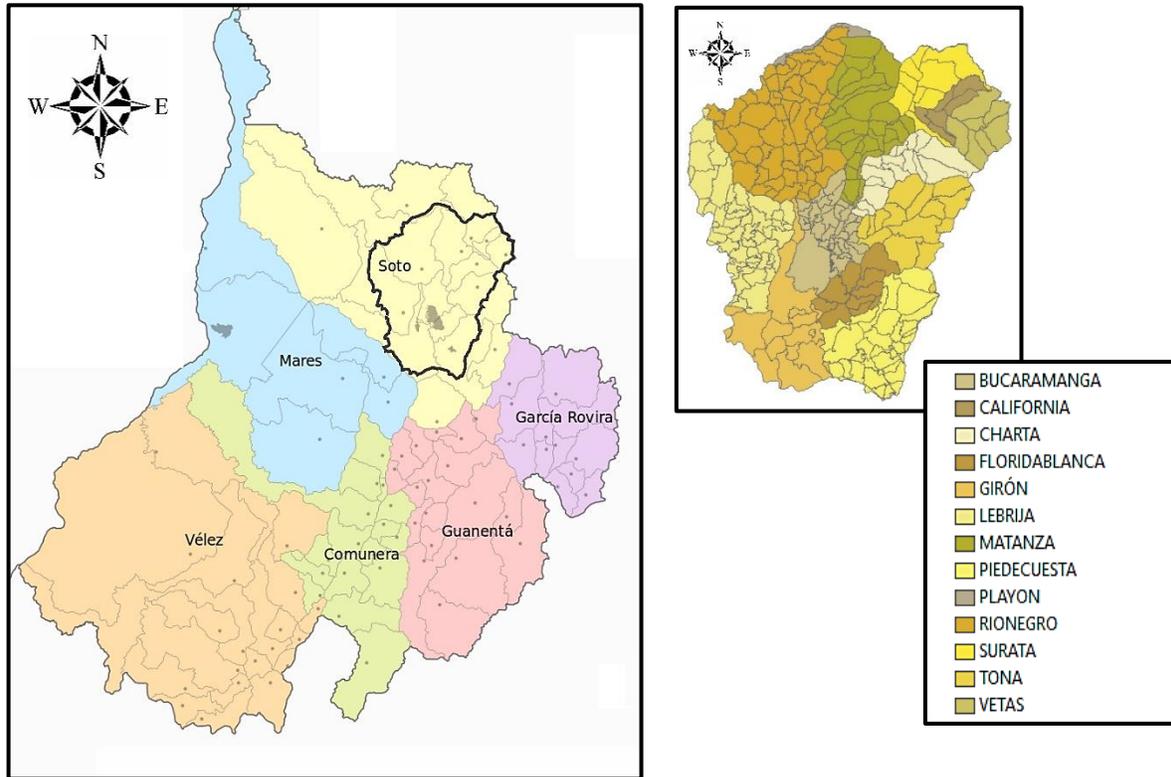


Figura 4. *Ubicación Provincia Soto – Municipio y Veredas.*

Nota: Adaptado de Unión Temporal POMCA Rio Alto Lebrija 2015.

La Cuenca RAL limita: Al Norte con la Cuenca de Cáchira Sur, al Sur con la Cuenca del Río Sogamoso y la Cuenca Medio y Bajo Chicamocha, al Occidente con la Cuenca del Río Sogamoso y la Cuenca del Río Lebrija Medio, y al Oriente con la Cuenca del Río Zulia y la Cuenca del Río Chitagá (Figura 5). (CDMB, 2015).



Figura 5. Cuencas límites de la Cuenca del Rio Alto Lebrija.

Nota: Adaptado de Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta De Bucaramanga CDMB, 2015. (<http://www.cdm.gov.co/web/ciudadano/consejo-de-cuenca-pomcas>)

La Zona Central de la Cuenca del Rio Alto Lebrija está constituida de Occidente a Oriente por las microcuencas: sector de la Cuenca Lebrija Medio, La Angula, Honda, Las Lajas, Negro Bajo, El Aburrido, Surata Bajo y Toná, abarcando un área total de 774.5 Km², representadas topográficamente por las planchas 109IIIB – 109IVA – 109IVB - 110IIIA - 109IIID – 109IVC – 109IVD – 110IIIC – 120IIA – 120IIB – 121IA – 120IIC del IGAC a escala 1:25.000. (Figura 6).

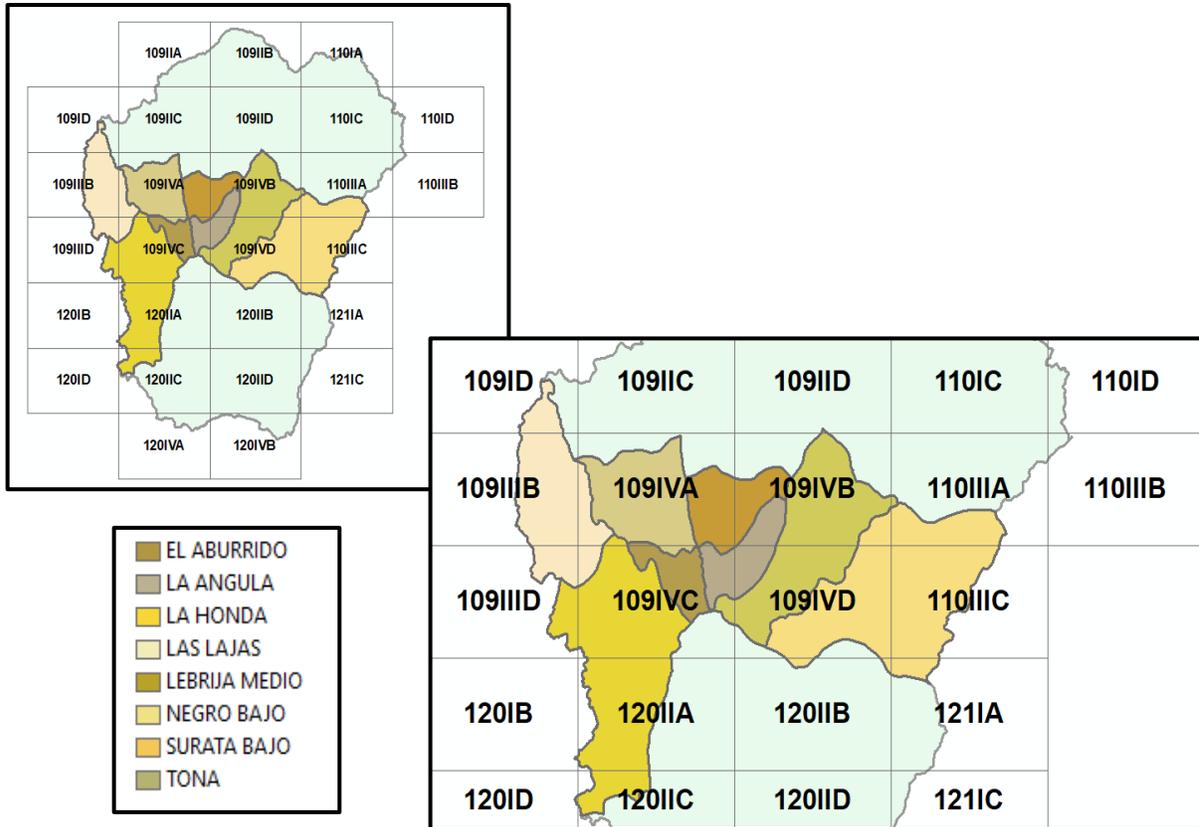


Figura 6. Microcuencas y planchas topográficas de la zona centro de la cuenca del Rio Alto Lebrija.

Adaptado de Unión Temporal POMCA Rio Alto Lebrija 2015.

4. Justificación

La importancia del conocimiento e información en el proceso de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, constituye un aspecto fundamental para el empleo de los recursos naturales renovables.

El diagnóstico del estado actual de la cuenca permite conocer la situación de deterioro ambiental que afecta la calidad de los recursos naturales de la nación, principalmente la calidad del agua y su distribución en las regiones. Por lo tanto la Geología y Geomorfología aportan información primordial para el desarrollo de este estudio, tal como las características de las unidades geológicas del área, el actual uso del suelo y su potencial, posibles amenazas naturales y posibles procesos erosivos dentro de la cuenca hidrográfica, esto con el fin de identificar las limitantes y posibles restricciones ambientales, las cuales serán soporte para el desarrollo de las siguientes fases de prospección, zonificación ambiental y formulación dentro del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Rio Alto Lebrija.

5. Metodología aplicada

Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos, logísticos y acordes a los lineamientos de la Guía Técnica para la Formulación de POMCAS publicada por el MinAmbiente (2014), se realiza la estructuración del Plan Operativo para los componentes Geológico y Geomorfológico, correspondientes a la ordenación de la Cuenca del Río Alto Lebrija, con base en los productos a obtener, presentados en el siguiente diagrama adjunto (*ver Figura 7*).

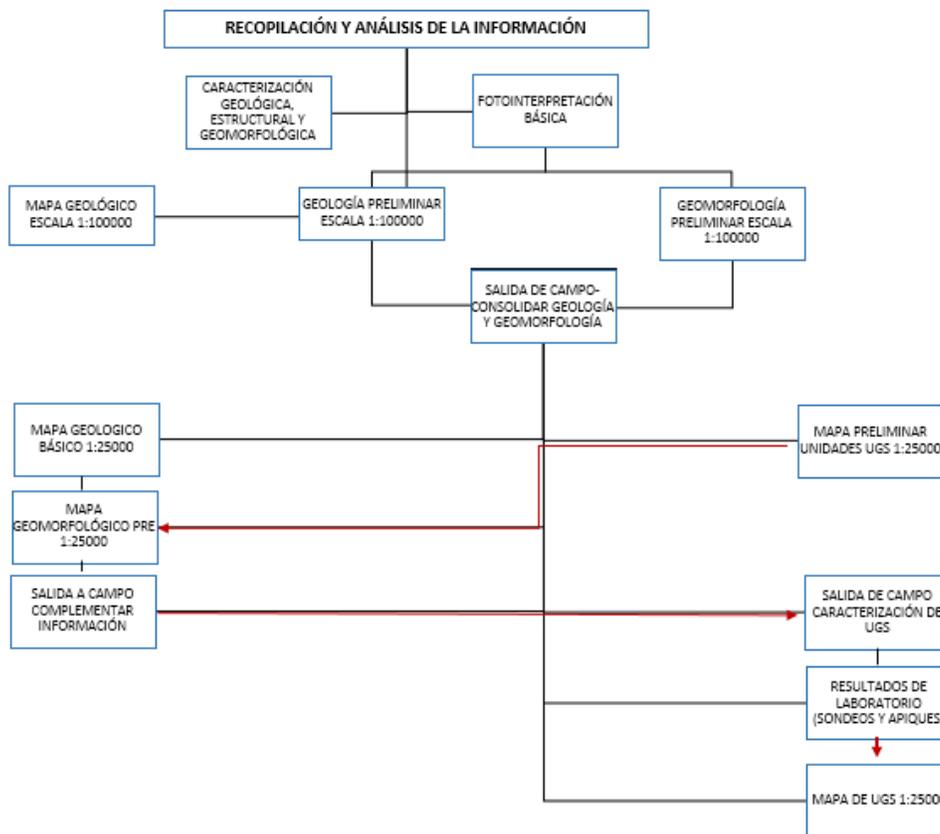


Figura 7 Diagrama del Plan operativo para los componentes Geología y Geomorfología.

Nota: Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

De esta manera, se realizó la fotointerpretación para el área de estudio (cuenca del Río Alto Lebrija) con apoyo del programa informático de Google Earth (imágenes satelitales), determinándose los diferentes tipos de rocas y depósitos e identificándose las unidades geomorfológicas del lugar, con el fin de elaborar los mapas preliminares de Geología y Geomorfología (*Apéndice A- B*), además; de establecerse las rutas de la salida de campo (*Apéndice C y D*), que tiene como propósito, realizar los puntos de control o estaciones de campo para corroborar la disposición litológica.

Por otra parte, para la elaboración del mapa Geológico a escala regional (1:100.000) (*Apéndice E*), se recopila información secundaria como: Planchas Geológicas a escala 1:100000 y Memorias explicativas según INGEOMINAS (1977): 109 (Rionegro), 110 (Pamplona), 120 (Bucaramanga) y 121 (Cerrito), y los Cuadrángulos H-12 (Rionegro) y H-13 (Pamplona) publicados en el año 1973, Mapa geológico Generalizado del Departamento de Santander y Memoria Explicativa de Royero y Clavijo (2001), Planchas topográficas a escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC): 109-II-A, 109-IV-A, 109-II-B, 109-III-B, 109-IV-B, 109-II-C, 109-IV-C, 109-II-D, 109-IV-D, 110-I-A, 110-III-A, 110-I-C, 110-III-C, 120-II-A, 120-II-B, 120-II-C, 120-II-D, 120-IV-A y 120-IV-B.

Con esta información se realizó la unificación de unidades litoestratigráficas e identificación de rasgos estructurales principales en la cuenca, estableciéndose el Marco Geológico Regional de la cuenca del Río Alto Lebrija.

A partir de los datos obtenidos en el reconocimiento en campo, mediante fichas o formatos (*Apéndice F*) se realizaron los ajustes de geología regional y se elaboraron los mapas de Geología y Geomorfología a escala 1:25000 (*Apéndice G y H*). Además, dicho producto se complementa con información sugerida y previa de:

- Planes de Plan ordenamiento y manejo de Microcuencas (POMA) (CER-UIS y CDMB, 2004).
- Planes de ordenamiento ambiental de Microcuencas (POA) (CDMB, 2002).
- Planes de ordenamiento ambiental territorial de Microcuencas (POAT) (Gradex Ingeniería S.A., 2001-2005).
- Guía Metodológica para la elaboración de mapas Geomorfológicos a escala 1:100.000 (IDEAM, 2013) y Glosario de Unidades y Subunidades geomorfológicas (SGC, 2015).
- Herramienta de SIG Google Earth (<https://earth.google.com/web/>)

Adicionalmente a la geomorfología realizada para la zona de estudio, se elabora un inventario de procesos morfodinámicos (*Apéndice I*), basado en información que se encuentra disponible en la plataforma Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) del Servicio Geológico Colombiano (SGC) (*Apéndice J*) e identificación, registro y clasificación de los mismos, mediante la ficha de campo propuesta por Alicon Ingeniería S.A. (2012) (*Apéndice K*).

Para generar el mapa preliminar de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) a escala 1:25000 (*Apéndice L*), se superpone la información previa de geología y geomorfología, clasificando las unidades en Rocas y Suelos, con base en la Guía generalizada de Campo UGS (Ibáñez y Castro, 2015). Con el anterior producto, se identificaron áreas de interés para la caracterización de macizo rocoso y muestreo de sondeos y apiques (en este caso desarrollado por el componente de Gestión del Riesgo).

Referente a la adquisición de la información sobre macizo rocoso y suelos sobre la cuenca, se usan fichas de campo correspondientes (*Apéndice M y N*), los cuales complementan la clasificación de UGS a partir de criterios específicos de textura, grado de meteorización, genética y resistencia.

De esta manera, se evalúa los suelos y el grado de meteorización de las unidades de roca, con base en el perfil de meteorización planteado por Dearman (1974) (*Apéndice Ñ*), su génesis y textura a partir de la propuesta de Montero, González y Ángel (1982) (*Apéndice O*) y resistencia de unidades rocosas según la tabla de Índices de compresión simple de suelos y rocas planteado por la ISRM (1981) (*Apéndice P*). Asimismo, para diferenciar el tipo de suelo (residuales y transportados), se recurrió a la propuesta sobre el origen de los depósitos de Montero (2001) (*Apéndice Q*) y se analizaron propiedades de consistencia y densidad, establecidas por Ibáñez y Castro (2015) (*Apéndice R*).

Posteriormente, se programó una segunda salida de campo con el objetivo de verificar información sobre cartografía preliminar de UGS y realizar un estudio geomecánico (datos estructurales y propiedades de las discontinuidades) del macizo rocoso, para ello, se utilizó como herramienta un formato de campo (*Apéndice S*), el cual, se elaboró correspondiendo a parámetros geométricos y de resistencia, contemplados en la Guía de Campo UGS (Ibáñez y Castro, 2015).

Entre los parámetros geométricos se tienen en cuenta características como orientación, espaciamiento y persistencia de las discontinuidades en el macizo rocoso. Con respecto, a los parámetros de resistencia, se estimó en campo el G.S.I (Índice de Resistencia Geológica) con base en la tabla de Marinos y Hooke (2001) (*Apéndice T*), se definió el tipo de rugosidad superficial (lisa, ondulada y rugosa), tipo de relleno (*Apéndice U*) y flujo de agua presente en discontinuidades (*Apéndice V*).

Finalmente, con los datos recolectados y resultados de laboratorio de ensayos (sondeo y apiques), se da forma final al mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) a escala 1:25000 (*Apéndice W*).

6. Marco Geológico Regional

La Cuenca del Río Alto Lebrija se localiza en el flanco Oeste de “la Cordillera Oriental de Colombia, considerada un cinturón orogénico, que ocurrió después del Mioceno medio” (Van der Hammen, 1958; Cooper et al., 1995) (en Caballero et al., 2010), mediante “la reactivación e inversión tectónica de fallas normales de antiguas cuencas extensionales del Jurásico superior y Cretácico inferior” (Colletta et al., 1990; Cooper et al., 1995; Mora et al., 2006) (en Caballero et al., 2010).

Geológicamente, la cuenca Río Alto Lebrija se sitúa en una zona compleja y dinámica; representada por la influencia entre los límites de las placas tectónicas Nazca y Suramericana. A partir de ello, la cuenca se encuentra comprendida entre dos (2) Provincias Tectonoestratigráficas (*Figura 8*): la Provincia Macizo de Santander y la Provincia Cordillera Oriental (Royero y Clavijo, 2001).

El Macizo de Santander corresponde a un muestra del zócalo ígneo-metamórfico, observándose Esquistos Micáceos y Filitas al NE de Bucaramanga, también se ubica una gran masa de Granito biotítico - hornbléndico, con algunas localidades tipo pórfido, además de evidenciarse Diorita o Granodiorita en el borde W del Macizo entre Bucaramanga y Rionegro. (Julivert et al., 1968).

La provincia del Macizo de Santander; está subdividida en los bloques de Floresta, Cucutilla, Pamplona y Ocaña, en este último se localiza gran parte de la cuenca hidrográfica en estudio. El bloque de Ocaña, se presenta como un bloque levantado, que ocupa el sector nororiental del departamento, constituido por rocas ígneas Triásico-Jurásicas y rocas metamórficas

Precámbricas y Paleozoicas. Está limitado al occidente por la falla Bucaramanga-Santa Marta y al suroriente por la falla de Barayá (Clavijo et al., 1993) (en Royero y Clavijo, 2001).

Por otra parte, “la Provincia de la Cordillera oriental en el departamento de Santander, está restringida a dos bloques: el principal localizado en la región central, limitado al oriente por las fallas Riachuelo y Bucaramanga - Santa Marta, al occidente por la falla La Salina, y el menor ubicado en la región oriental, limitando al oriente con la falla Servitá y al occidente con las fallas Bucaramanga-Santa Marta y Barayá. Dicha provincia se encuentra constituida por rocas sedimentarias plegadas de edades Jurásicas y Cretácicas” (Royero y Clavijo, 2001)

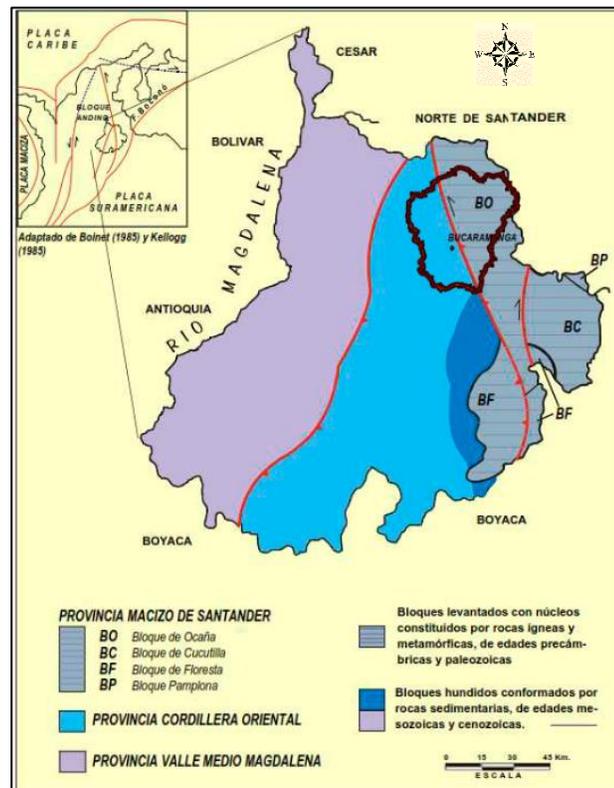


Figura 8. Esquema Tectónico del Departamento de Santander

Nota: Adaptado de Royero y Clavijo (2001) - Memoria explicativa del mapa generalizado del Departamento de Santander.

6.1 Estratigráfica de la Cuenca del Río Alto Lebrija

A escala regional, la Cuenca del Río Alto Lebrija comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de edades que van desde el Precámbrico (Proterozoico Superior) hasta el Cenozoico (Holoceno) (Figura 9) (Apéndice E). “Estas rocas están representadas cartográficamente por unidades litoestratigráficas bien definidas y/o en algunos casos unidades informalmente establecidas pero de uso común en la literatura geológica del país” en Royero Y Clavijo (2001).

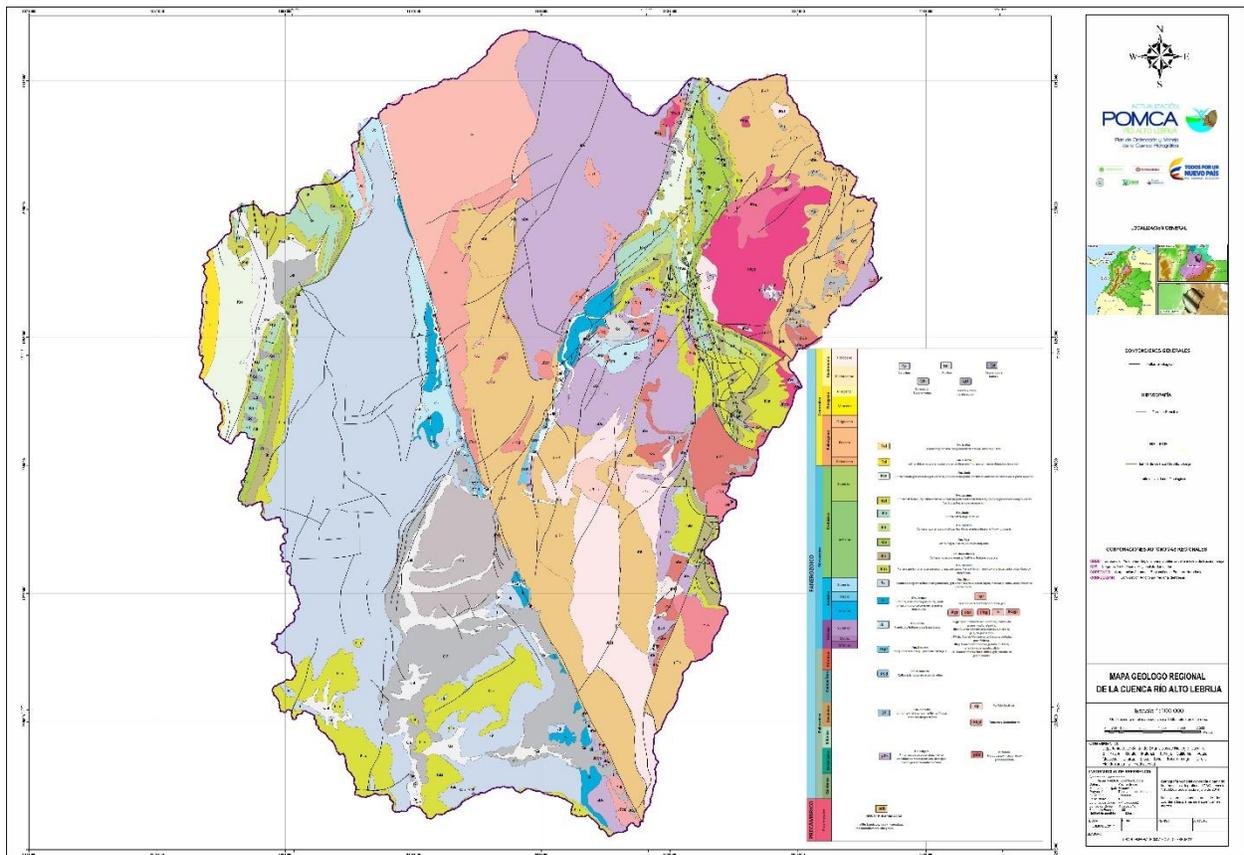


Figura 9. Imagen del Mapa geológico Regional de la Cuenca Río Alto Lebrija

Nota: Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

Precámbrico

“El basamento cristalino del Macizo de Santander comprende rocas metamórficas de origen sedimentario e ígneo, con alto y medio grado de metamorfismo; de edades entre el Proterozoico superior y el Paleozoico, que afloran al oriente y nororiente del territorio santandereano, representadas por las unidades Neis de Bucaramanga y Ortoneis” en Royero Y Clavijo, (2001)

– **Neis de Bucaramanga (PDb):** “El nombre original de Neis de Bucaramanga fue utilizado por Goldsmith, et al. (1971) y posteriormente propuesto por Ward, et al. (1973). Esta unidad tiene como localidad tipo el frente montañoso (Cerro La Judía y Morro Negro) al oriente de Bucaramanga. Presenta buenas exposiciones en las carreteras Bucaramanga-Pamplona, Bucaramanga-Matanza, Bucaramanga-Suratá y Berlín-Vetas” en Royero Y Clavijo (2001). Se define como una secuencia estratificada de rocas metasedimentarias de alto grado de metamorfismo que consisten principalmente de paraneis cuarzofeldespático, semi-pelítico y arenáceo; esquistos y cantidades subordinadas de neis calcáreo, mármol, neis hornbléndico y anfibolita en Ward, Et Al. 1973; Royero Y Clavijo (2001).

– **Ortoneis (PDo):** El nombre “Ortoneis fue inicialmente definido por Ward, et al. (1973), como un cuerpo metamórfico de origen ígneo con estructura néisica, aspecto masivo y composición félsica a intermedia” (de granito a tonalita). La sección tipo se encuentra en los alrededores de Berlín, donde tiene su mayor extensión y está mejor expuesto (carretera Bucaramanga-Pamplona)” en Royero Y Clavijo (2001), aunque también se puede evidenciar al

Sur de Matanza y al Oeste de Tona en Ward, et al. (1973). El Ortoneis intruye el Neis de Bucaramanga y está cubierto discordantemente por sedimentitas en Royero y Clavijo (2001).

Paleozoico

“Representado por rocas metamórficas con metamorfismo regional de grado medio a bajo, rocas sedimentarias y rocas ígneas plutónicas, las cuales afloran en el sector centro-oriental y nororiental del departamento de Santander. Para la Cuenca del Rio Alto Lebrija aflora: Formación Silgará (Cámbrico – Ordovícico), Formación Floresta (Devónico Inferior – Medio) y Formación Diamante (Carbonífero-Pérmico)” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Silgará (PDs):** “Nombre propuesto por Ward, et al. (1973) para referirse a una secuencia de rocas clásticas metamorfizadas de estratificación delgada, compuestas por filitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea, cuya sección tipo se localiza en la Quebrada Silgará, afluente del Río Salamanca, al occidente de Cáchira” en Royero Y Clavijo (2001), “aunque también se encuentra relativamente bien expuesta al Oeste de la Falla Bucaramanga, a lo larga de la carretera Bucaramanga – San Gil, al sur de Pescadero y en parte de la vía que conduce de Los Curos a Los Santos en Ward, Et Al. (1973).

– **Formación Floresta (Df):** “El término Floresta originalmente fue creado por Olsson y Ramírez en Hubach, 1957; luego fue estudiado como Formación Floresta por Botero (1950), posteriormente fue redefinido como miembro Floresta por Cediell (1969) y últimamente elevado al rango de Formación Floresta por Mojica Y Villarroel, (1984)” en Royero Y Clavijo (2001). “Su localidad tipo se encuentra en los alrededores del municipio de Floresta, en el

Departamento de Boyacá” en Ward, Et Al. (1973), “está constituida de base a techo por arcillolitas negras y areniscas multicolores, con intercalaciones de arcillolitas ocre, violetas, gris amarillentas y amarillo rojizas, con niveles fosilíferos y areniscas gris oscuras” El ambiente de esta unidad es de una plataforma marina (Mojica y Villarroel, 1984). Su espesor varía entre 600 y 700 m” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Diamante (PCd):** “La secuencia estratigráfica de esta unidad corresponde a la parte inferior de la Serie Suratá, descrita brevemente por P. Merritt en Dickey (1941). Dicho intervalo fue luego estudiado por Navas (1962) y posteriormente redefinido como Formación Diamante. La base de la sección está compuesta por arenisca gris púrpura, de grano fino, medio y localmente de grano grueso a conglomerático; una parte media con lodolita gris oscura e intercalaciones de caliza del mismo color, y hacia la parte superior se conforma de caliza gris oscura, ligeramente arcillosa con delgadas intercalaciones de arcillolitas y areniscas grises a rojo grisáceas. Las características faciales y paleontológicas indican que los sedimentos generadores de esta unidad se formaron en un ambiente epicontinental (Clavijo, Et Al., 1993). El espesor aproximado es de 550 m (Navas, 1962). Esta unidad tiene por sección tipo el área al norte de Bucaramanga y su nombre se deriva de las canteras de Cementos Diamante S.A., donde se explotan las calizas de esta unidad para la industria cementera” en Royero Y Clavijo (2001).

Mesozoico

“En el territorio santandereano se encuentran ampliamente distribuidas rocas ígneas plutónicas, volcánicas y volcano-sedimentarias, además de secuencias sedimentarias datadas del Mesozoico” en Royero Y Clavijo (2001).

- ***Triásico- Jurásico Inferior- Medio***

Para la Cuenca del Rio Alto Lebrija se encuentra “la Formación Tiburón (Triásico) y los cuerpos plutónicos correspondientes al Grupo Plutónico de Santander (Ward, et Al. , 1973); como el Granito de Pescadero (Jurásico inferior-medio), Cuarzomonzonita Rosada de Santa Bárbara (Jurásico inferior-medio), Cuarzomonzonita La Corcova (Jurásico inferior-medio), Cuarzomonzonita La Corcova de facies porfirítica (Jurásico inferior-medio), Granodiorita del Batolito de Rionegro (Jurásico inferior-medio), Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro (Jurásico inferior-medio), Tonalita y Granodiorita del Plutón de Páramo (Jurásico inferior-medio), Cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso, Cuarzomonzonita aplita y pórfido y Pórfido Dacítico” en Royero Y Clavijo (2001).

Rocas Sedimentarias

– **Formación Tiburón (TRPt):** “Corresponde a la parte superior de la “Serie Suratá” de Dickey (1941), unidad que posteriormente fue redefinida como Formación Tiburón por Ward, et al. (1973); La Formación Tiburón está constituida por capas masivas de conglomerados calcáreos, líticos, granosportados, con fragmentos de guijos y guijarros (2-10 cm) de calizas predominantemente, subredondeados a subangulares y en menor proporción fragmentos de areniscas, cherts y rocas volcánicas, dentro de una matriz arenoso-calcárea, de color gris y de grano fino. Los mejores afloramientos de esta unidad se encuentra a 2 km aprox. al norte de Bucaramanga cerca del Club Tiburones en Royero Y Clavijo (2001).

Rocas Ígneas

– **Granito de Pescadero (JRgp):** “El granito es de color rosado naranja, de grano fino a muy fino, equigranular a ligeramente porfirítico, aflora en los alrededores de Umpalá, Municipio de Piedecuesta” en Royero Y Clavijo (2001), “constituye un Plutón alargado de forma algo irregular, al oeste de la Falla Bucaramanga” en Ward, et al. (1973)

– **Cuarzomonzonita Rosada de Santa Bárbara (JRcs):** “La cuarzomonzonita es de color rosado, rosado naranja a gris violáceo, de grano medio a grueso, inequigranular, aflora al oriente del departamento, en los sectores de Los Curos, Santa Bárbara, Baraya y en los alrededores de Berlín” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Cuarzomonzonita de La Corcova (JRcl):** “Se identifica regionalmente como el Plutón de La Corcova, observable sobre las vías Bucaramanga-Pamplona y Los Curos-Guaca” en Royero y Clavijo (2001), “se denomina La Corcova por sus afloramientos en los alrededores de la misma. Es cuarzomonzonita gris de grano fino a medio, que forma la masa principal del plutón de la Corcova” en Ward, et al. (1973).

– **Cuarzomonzonita La Corcova de facies porfirítica (JRclp):** “Esta bien expuesta al oeste de la Corcova y en la carretera a Tona cerca del río del mismo nombre, contiene fenocristales de feldespato de potasio rosados en una matriz de grano fino a medio, ligeramente más gruesos a los de la cuarzomonzonita normal de la Corcova, la biotita es ligeramente más abundante” en Ward, et al. (1973)

– **Granodiorita del Batolito de Rionegro (Jgd):** “La granodiorita del Batolito de Rionegro es de color gris, generalmente porfirítica a subporfirítica de grano medio a grueso” en Royero y Clavijo (2001), “con fenocristales grandes dispersos de feldespato de potasio color rosado naranja y de plagioclasa blanca, ligeramente más pequeños, colocados en una matriz de cuarzo gris, biotítica y granos más pequeños de feldespato. La roca es no foliada a ligeramente néisica, se encuentra en los alrededores de Rionegro y a lo largo y al sur del río Santa Cruz” en Ward, et al. (1973).

– **Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro (Jc):** “La cuarzomonzonita es rosada, gris clara, biotítica, de grano mediano, equigranular a subporfirítica principalmente, con variaciones locales a granito y granodiorita, compuesta de biotita, cuarzo gris, plagioclasa blanca y feldespato potásico rosado” en Royero y Clavijo (2001). La roca esta generalmente muy meteorizada. Se puede observar a lo largo de las corrientes al este de la Falla Bucaramanga en Ward, et al. (1973)

– **Tonalita y Granodiorita del Plutón de Páramo Rico (TRtgd):** “La tonalita del Plutón de Páramo Rico es de color gris, de grano medio con variaciones locales a granodiorita” en Royero y Clavijo (2001), la granodiorita predomina en la parte sur y la tonalita en la parte norte. Afloramientos recientes y accesibles se observan en la carretera Berlín – Vetas, unos cinco kilómetros al norte del primero y cerca de California, donde la roca fresca aflora en las orillas del río Vetas, debajo de esta población. Es de color gris verdoso, de grano medio, con variaciones locales a granodiorita, se encuentra en el centro del páramo del mismo nombre en Ward, et al. (1973).

– **Cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso (JRcg):** intrusiones pequeñas de cuarzomonzonita, granito, pórfido cuarzoso y escasas de granodiorita, de color gris rosado a gris claro, están distribuidos en la formación silgara y neis de Bucaramanga en la parte norte de los cuadrángulos H12- H13. La mayor parte de estas se encuentran profundamente meteorizadas y es difícil obtenerlas frescas en Ward, et al. (1973).

– **Cuarzomonzonita, aplita y pórfido (JRcgp):** Se considera que la unidad es del Triásico o de una edad más antigua, posiblemente del Pérmico. forman un stock compuesto cerca de California en el cuadrángulo H-13 y presentan alguna semejanza con fases color rosado pálido de la cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso. Gran parte de la roca de esta área ha sido extensamente fracturada, lixiviada e impregnada con sílice y sulfuros, principalmente pirita aurífera; contiene afloramientos de roca del tipo de la corcova y diques de radiocita y pórfido dacítico en Ward, et al. (1973).

– **Pórfido Dacítico (pd):** El pórfido Dacítico es gris, de grano fino afanítico, con fenocristales prominentes euhedrales de plagioclasa hasta de 2cm de largo y escasos fenocristales más pequeños de cuarzo redondeado y anfíbol. La plagioclasa es andesina zonada y complejamente maclada u oligoclasa cálcica. Los diques de pórfido Dacítico son comunes en el distrito de California. Al este y sureste de Chachirí en Ward, et al. (1973).

- ***Jurásico superior***

En la cuenca del Río Alto Lebrija se ubican las unidades sedimentarias; de la Formación Bocas, Formación Jordán y Formación Girón.

– **Formación Bocas (Jb):** “Inicialmente fue denominada «Series Bocas» por Dickey (1941) y posteriormente fue redefinida como Formación Bocas por Ward, et al. (1973). Esta unidad está constituida por una alternancia de limolitas, areniscas y arcillolitas calcáreas, gris verdosas y gris oscuras, limolitas gris verdosas, con nódulos calcáreos, conglomerados gris verdosos y arcillolitas gris oscuras, fosilíferas, limolitas gris verdosas a rojo grisáceas, levemente calcáreas. Hacia la parte superior se encuentran capas delgadas de rocas volcánicas. La Formación Bocas se depositó en un ambiente continental (Remy, et al., 1975). La sección tipo se encuentra en cercanías de la localidad de Bocas al norte de Bucaramanga, su espesor aproximado es de 590 m” en Royero Y Clavijo (2001)

– **Formación Jordán (Jj):** “Descrita inicialmente por Cediél (1968). Está constituida por areniscas gris verdosas, de grano grueso a ligeramente conglomerática, con estratificación cruzada; intercalados se presentan niveles de arcillolitas gris verdosas. En la parte superior se encuentran intercalaciones de limolitas, color marrón rojizo a rojo grisáceo y areniscas de grano fino en capas medianas. También existen dos capas delgadas de tobas soldadas félsicas. El ambiente de depósito es continental vulcanoclástico, su sección tipo se encuentra en la pendiente norte del cañón del Río Chicamocha, a 1 km al occidente de la cabecera municipal de Jordán, Santander, su espesor varía entre 300 y 660 m” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Girón (Jg):** “Inicialmente el término “Girón Series” fue creado por Hettner (1892), se adelantaron varios estudios, sin embargo, el estudio más detallado y completo es el de Cediél (1968). La Formación Girón está compuesta por areniscas de grano medio, grueso

a ligeramente conglomerático, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, estratificación cruzada, en capas gruesas, con interestratificaciones de limolitas y lodolitas, de color rojo violeta, grisáceo y algunos niveles delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de 4 cm. El espesor de esta unidad varía considerablemente de un sitio a otro, desde unos pocos metros hasta 4.650 m en el Río Lebrija. El ambiente de sedimentación es continental, fluvial a lacustre” en Royero Y Clavijo (2001).

- ***Cretácico***

- ***Cretácico Inferior***

La cuenca del Río Alto Lebrija, está comprendida por las unidades sedimentarias; Formación Los Santos (Fm Tambor) (Berriasiano-Hauteriviano), Formación Rosa Blanca (Berriasiano-Hauteriviano), Formación Paja (Barremiano-Albiano inferior), Formación Tablazo (Barremiano-Albiano inferior) y Formación Simití (Albiano superior-Cenomaniano) en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Los Santos (Tambor) (Kita):** “Fue definida por primera vez por Cediél (1968) y redefinida por Laverde (1985). Está constituida por areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo grisáceas y cuarzoareniscas gris amarillentas, con estratificación cruzada, en capas tabulares de espesores variables, estas facies han sido interpretadas como depósitos fluviales acumulados por corrientes trenzadas (Clavijo, 1985; Laverde). En la localidad tipo, el espesor es de 218 m” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Rosa Blanca (Kir):** “Descrita originalmente por Wheeler (1929) y estudiada en detalle por Cardozo y Ramírez (1985). Está compuesta en su parte inferior por capas de caliza y yeso, con oolitos, ostrácodos y dolomías; hacia la parte superior consta de areniscas y lodolitas calcáreas. En la parte inferior presenta depósitos evaporíticos como yeso y polihalita que indican una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depositación; el resto de la secuencia se depositó en un medio marino somero en condiciones neríticas. El espesor varía de 150 a 425 m. Se encuentra ampliamente distribuida en el Departamento de Santander” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Paja (Kip):** “Inicialmente descrita por Wheeler (en MORALES, et al., 1958). Esta unidad está constituida por lutitas y shales gris oscuros a azulosos, fosilíferos, con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, con algunas intercalaciones de shales grises, localmente arenosos, calcáreos, fosilíferos, localmente limosos a arenosos, con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, también pequeñas intercalaciones de calizas grises, localmente arenosas, fosilíferas. Se estima que su depósito tuvo lugar en un ambiente epicontinental. El espesor varía entre 125 y 625 m, su localidad tipo es el Cerro Rosablanca al oriente del puente sobre el Río Sogamoso” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Tablazo (Kit):** “Descrita por Wheeler (en Morales, et al., 1958). La secuencia de esta unidad consiste en calizas gris a negras, fosilíferas, localmente glauconíticas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de areniscas grises, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas. El ambiente de depósito parece

corresponder a condiciones neríticas, poco profundas. El espesor varía entre 150 y 325 m, la localidad tipo está en el sitio Tablazo, en el puente del cruce del Río Sogamoso de la vía Bucaramanga-San Vicente” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Simití (Kis):** “Fue descrita por geólogos de Intercol (en MORALES, et al., 1958). La unidad consta de shales grises a negros, carbonosos, levemente calcáreos, con concreciones calcáreas hasta de 3 m y con intercalaciones de areniscas y calizas grises, localmente arcillosas y fosilíferas, en capas delgadas. Las condiciones paleoambientales fueron neríticas de aguas intermedias a profundas. Su espesor varía entre 250 y 650 m, su localidad tipo está en la orilla sur de la Ciénaga de Simití, Bolívar” en Royero Y Clavijo, (2001).

- ***Cretácico Superior***

En la Cuenca del Río Alto Lebrija, se localizan rocas sedimentarias de la Formación La Luna (Turoniano-Maastrichtiano) y la Formación Umir (Turoniano-Maastrichtiano) en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación La Luna (Ksl):** “Fue descrita por Garner (en Julivert, et al., 1968). En Colombia fue introducido el término por geólogos de la Caribbean Petroleum Company. La unidad está constituida por calizas gris oscuras, arcillosas, lutitas grises a negras, calcáreas, en capas delgadas, lutitas gris oscuras con delgadas intercalaciones de calizas arcillosas, concreciones de calizas con fósiles, que alcanzan más de dos metros de diámetro y capas delgadas de chert negro y también capas fosfáticas hacia la parte superior. En el Valle Medio del Magdalena la Formación La Luna se subdivide en tres miembros: el inferior Salada, el intermedio Pujamana y el superior

Galembó. El ambiente de depositación es marino de aguas relativamente poco profundas, con poca ventilación en el fondo. El espesor varía entre 275 y 575 m, el nombre procede de la Quebrada La Luna al NW de Perijá, Zulia (Venezuela)” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación Umir (Ksu):** “Descrita por Huntley (en Julivert, et Al., 1968). Consta de shales grises a negros, carbonosos, micáceos, con concreciones ferruginosas, lutitas grises a gris oscuras, carbonosas, con nódulos ferruginosos, intercalaciones de areniscas y limolitas, grises, carbonosas y micáceas. También es común la presencia de capas explotables de carbón de 0,60 a 5,00 m de espesor. El ambiente es nerítico. El espesor se ha calculado entre 1.000 y 1.400 m, la localidad tipo se encuentra en la Quebrada Umir al oriente del cerro del mismo nombre en Santander” en Royero Y Clavijo (2001).

Cenozoico

“La totalidad de las rocas cenozoicas en el territorio de Santander son sedimentarias. Las rocas cenozoicas afloran en las regiones oriental y occidental del Departamento de Santander, donde ocupan grandes extensiones. Los depósitos cuaternarios son muy variados en su origen y se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de los valles de los principales ríos y quebradas” en Royero Y Clavijo (2001).

- ***Paleoceno-Eoceno Inferior***

En la cuenca del río Alto Lebrija se localizan la Formación Lisama y Formación La Paz.

– **Formación Lisama (Tpl):** “Fue descrita originalmente por Link (en Morales, et al., 1958) y publicada por primera vez por Wheeler (en De Porta, et al., 1974). La unidad se encuentra constituida por una secuencia de lutitas abigarradas, alternadas con areniscas grises, verdosas y pardas, de grano fino a medio y algunas capas delgadas de carbón. El depósito de estos sedimentos ocurrió en un ambiente bajo condiciones lagunares deltáicas. El espesor alcanza hasta 1.225 m. Esta unidad aflora al occidente de Santander y su sección de referencia está en la Quebrada Lisama, afluente del Río Sogamoso” en Royero Y Clavijo (2001).

– **Formación La Paz (Tel):** “Los autores son los geólogos de la Tropical Oil Company (en MORALES, et al., 1958). La secuencia estratigráfica está compuesta por areniscas grises, conglomeráticas, conglomerados, limolitas y grandes paquetes de lutitas grises. El depósito de los sedimentos de esta unidad se desarrolló en un ambiente de corrientes trenzadas. El espesor en la sección tipo es de 1.000 m, pero generalmente presenta variaciones locales. Su sección tipo está en la angostura del Río Lebrija, por la vía férrea, abajo de Vanegas”. en Royero Y Clavijo (2001).

- **Pleistoceno-Holoceno**

Se encuentran depósitos recientes como la Formación Bucaramanga, Depósitos Aluviales.
- Depósitos de Terraza y Cono de Deyección, Depósitos de Ladera, Depósitos Coluviales.

– **Formación Bucaramanga (Qb):** “El abanico de Bucaramanga, que constituye la formación Bucaramanga, presenta un espesor aproximado de 290 m y los abanicos sobre los cuales

se ubican las cabeceras municipales de Floridablanca y Piedecuesta. Conformada de base a techo por los miembros Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos” en INGEOMINAS (2007).

Miembro Órganos (Qbo): “Definido por Hubach (1952). Esta es la unidad más potente de la formación Bucaramanga, estimándose que su espesor podría superar los 180 m.; De acuerdo con Bueno y Solarte (1994), corresponde a una serie monótona de niveles polimícticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, con alternancia de capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura. Los niveles de aspecto “conglomerático” conforman depósitos de gravas y bloques, débilmente consolidados, clasto-soportados y grano soportados, 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 m de diámetro” en INGEOMINAS (2007).

Miembro Finos (Qbf): “Este nivel fue reconocido y definido por Hubach (1952). La secuencia del miembro Finos se puede dividir en dos conjuntos: 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, como en el barrio el Porvenir (9 m) y cuchilla de Palomitas (2 m). Conjunto Arenoso: Se localiza hacia el techo, donde muestra una alternancia de niveles arenolimosos con niveles limoarenosos feldespáticos, de colores amarillento a pardo amarillento. Hacia la base de este conjunto predominan costras y un nivel arcilloso pardo oscuro. En la cuchilla Palomitas solo se observan las arcillas grises a verdes en contacto erosivo con el suprayacente miembro Gravoso” en INGEOMINAS (2007).

Miembro Gravoso (Qbg): “Los cantos son en su mayor parte de tamaño grava, con diámetro promedio de 15 cm y bloques de roca en menor cantidad hasta de 0,8 m de diámetro, subangulares a subredondeados, en matriz areno-arcillo-limosa, color pardo rojizo, rojizo y ocre pálido. Están compuestos en su mayor parte por rocas metamórficas e ígneas del Macizo de Santander y areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas violáceas de las formaciones Girón y Jordán” en INGEOMINAS (2007).

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. 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” en INGEOMINAS (2007).

– **Depósitos Aluviales (Qal) - Terrazas y Cono de Deyección (Qtf):** “Son los depósitos de material dejados por los ríos y quebradas mayores, los cuales se distribuyen de acuerdo a la altura y posición en los valles. Se dividen en Terrazas Medias, Terrazas Bajas y Depósitos Aluviales de Cauce y Llanuras de Inundación” en INGEOMINAS (2007).

“Extensos conos aluviales enlazantes en Bucaramanga y al sur llenan parcialmente la cuenca al oeste del frente montañoso, estos depósitos están siendo parcialmente disectados por el drenaje actual. La terraza de Bucaramanga sobre la cual está situada la ciudad ha sido descrita por: De Porta (1959) y Julivert (1963)” en Ward, et al. (1973)

– **Depósitos de Ladera (Qd):** “Son depósitos acumulados, por lo general, en la base de escarpes, y provienen del desprendimiento de materiales de laderas adyacentes, por la acción de la fuerza de gravedad. La mayoría se originan por fenómenos de remoción en masa de tipo caída de rocas, deslizamientos y volcamiento. Son de común ocurrencia en escarpes de roca muy fracturada, saprolitos y depósitos de suelos finos” en INGEOMINAS (2007).

– **Depósitos de Coluvión (Qc):** “Bates y Jackson (1980, en Suárez, 1998), definen los coluviones como masas incoherentes de materiales sueltos y heterogéneos, de suelos y/o fragmentos de roca angulares a subangulares, depositados por la gravedad, lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento. Se caracterizan por ser materiales clasto-soportados o matriz-soportados según su origen, el tamaño de grano varía desde grava hasta bloques de 1,5 m de diámetro” en INGEOMINAS (2007).

6.2 Geología Estructural de la Cuenca del Río Alto Lebrija

“En el territorio de Santander se identifican tres regiones estructuralmente bien definidas: una de fallamiento en bloques en la región Oriental; otra de plegamientos en la región Central y el graben del Magdalena, en la región Occidental” (*figura 10*) en Royero y Clavijo, (2001).

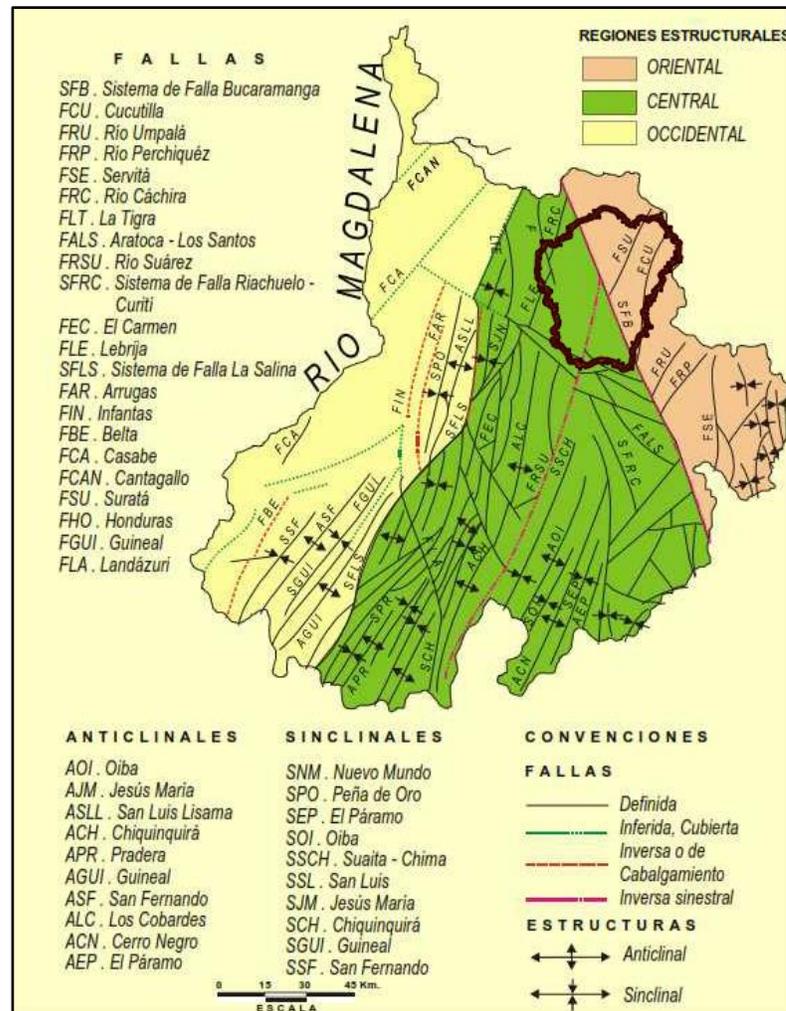


Figura 10 Esquema estructural del Departamento de Santander.

Adaptado de Royero y Clavijo (2001). Memoria explicativa del mapa generalizado del Departamento de Santander.

ESTRUCTURAS

Fallas

“Las fallas son fracturas de cizalla con un movimiento relativo apreciable. En rocas que no están fracturadas previamente, las fallas, como cualquier otro tipo de fractura se crean cuando el

estado de esfuerzo es tal que en planos determinados de la roca se cumple la condición de fracturación, que viene dada por la envolvente de Mohr de esa roca” en Martínez, (2008).

Pliegues

“Son arrugas producidas en las rocas, mientras se encuentran en su estado plástico; sus dimensiones van de centímetros a cientos de kilómetros. Se producen preferentemente en los bordes compresivos de las placas, es decir, en las zonas de subducción y en general, a importante profundidad” en Duque, (2003).

ESTRUCTURAS DE LA REGIÓN CENTRAL DE LA PROVINCIA CORDILLERA ORIENTAL

– Falla de Bucaramanga

“Es el rasgo estructural más evidente y de gran extensión que cruza la región centro-oriental del Departamento de Santander, en dirección aproximada N20°W y cuyo trazo rectilíneo se expresa claramente en imágenes de satélite y fotografías aéreas. Es considerada un sistema de fallas de rumbo (en Campbell, 1965; León, 1991; Vargas Y Niño 1992; Clavijo et al., 1993; Clavijo, 1994), con movimiento sinistral, tiene una componente vertical importante, según Julivert (1958, 1961), Ward, et al. (1973), París y Sarria (1988), Royero (1994), que hace que esta falla se comporte en algunos sectores como inversa y en su extremo meridional aún de cabalgamiento (Boinet, 1985; Ulloa, 1990, Comunicación Verbal)”. En Royero y Clavijo (2001).

“Boinet, et al. (1989) Considera que durante el Cretácico inferior hasta el Paleoceno no hubo actividad tectónica de la falla; además los mismos autores, señalan que la importancia de la

mayor actividad de esta falla es el desplazamiento de rumbo sinestral, el cual ocurrió a partir del Mioceno superior, simultáneamente con la Orogenia Andina” en Royero y Clavijo (2001).

– **Falla del Suarez**

“Se describe como una falla inversa de ángulo alto, con una componente vertical importante”; que “se extiende a lo largo de unos 120 Km, desde el municipio de Barbosa, al sur, hasta unos 5 Km al norte de Bucaramanga”. Su trazo es sinuoso, marcado por el cambio geomorfológico de pendientes fuertes a moderadas, localizado en la parte media de la ladera de Palonegro, orientada SW-NE, sigue el curso de los ríos Suarez y Río de Oro. “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 sinestral. El desplazamiento vertical se ha calculado entre 400 y 2.300 m (Ward, et al., 1973). Esta falla a lo largo de su trayecto afecta rocas jurásicas y cretácicas, principalmente de las formaciones Jordán, Girón, Los Santos (Tambor), Rosa Blanca, Paja y cerca de su terminación en la Falla Bucaramanga-Santa Marta, afecta rocas del Paleozoico como son las formaciones Floresta y Diamante. Existen evidencias de campo que indican actividad tectónica reciente para esta falla (Julivert, 1963; Ward et al., 1973; Paris Y Sarria, 1988)” En Royero y Clavijo (2001).

– **Falla de Ruitoque**

“Es ortogonal al sistema de la falla Bucaramanga – Santa marta, es de tipo normal y es la responsable del levantamiento de la mesa de Ruitoque, afecta la formación Los Santos y la pone en contacto fallado con la formación Girón” En Centro de estudios regionales (CER) Universidad Industrial de Santander (2000).

– **Falla Lebrija**

“Falla inversa de alto ángulo, que limita el macizo en su parte occidental, poniéndolo en contacto con las rocas sedimentarias de la cuenca del Magdalena Medio. Su traza rectilínea mantiene una trayectoria de Norte a Sur hasta 1Km al norte de la quebrada Bijagual en donde desaparece bajo depósitos del cuaternario. En este lado la falla es desplazada por una fractura oculta por el cuaternario. Aunque cubierta en algunos sectores por depósitos cuaternarios como los abanicos aluviales del piedemonte, se distingue por el enfrentamiento de litologías de diferentes eras”. En Asociación de Asesores Socioeconómicos del Sector Solidario (ASOEC) (1999).

– **Falla de Solferino**

“La formación Girón ha sido cabalgada hacia el oeste sobre las formaciones del cretáceo en una distancia de 5 a 6 km. Al oeste los estratos cretáceos han respondido a la deformación alcanzando una posición invertida de sus buzamientos normales hacia el oeste. Muere rápidamente hacia el sur como una falla de rumbo, en la falla del río Cáchira. Se desprenden de ella lineamientos y uno de ellos se extiende paralelo al contacto de la formación Girón – Bocas”. En Ward et al (1973)

– **Falla Sardina**

“Paralela al límite oriental de la intrusión riolítica en la formación Bocas. Termina contra las fallas de Solferino en el sur y la del río Cáchira en el Norte. Una espesa zona de brecha de falla, gruesa, cementada, está expuesta en varios sitios de las quebradas Las sardinas y tributarias de esta. Bloques de brecha se hallan también en la quebrada que marca el curso de la falla al sur del

río Salamaga. El bloque fallado curvo y angosto entre las fallas de Solferino y Sardina sugiere que la intrusión riolítica levantó este bloque” En Ward et al (1973)

– **Falla de El Espino**

En Ward., et al (1973) la describen “paralela a la Falla Bucaramanga, en dirección Norte; a lo largo de la quebrada El Espino, hasta la Ceiba y desde Bocas hasta Portachuelo. La traza de la falla se efectúa a lo largo de la pendiente occidental más alta del río Negro”. Cambia de orientación completa los planos de Buzamiento de las formaciones que concurre. “Hacia el norte de Portachuelo está expuesta en varios lugares, en la pendiente occidental más baja de la quebrada San Francisco. Desplaza levemente la Falla Bucaramanga en La Ceiba”.

– **Fallas de La Plata y Rionegro**

En la memoria explicativa del cuadrángulo H12, Ward., et al (1973) las describen como “fallas de dirección norte, paralelas a la falla Bucaramanga, relativamente cortas; que forman los límites de un angosto bloque hundido de la formación Jordán”.

“La Falla de La Plata, semejante a la falla El Espino, ocurre al oeste del Río negro, pero en este caso las posiciones de estas en las quebradas que drenan hacia el este y en los filos adyacentes, indican un buzamiento del plano hacia el este. La falla termina en la del Espino al sur, y aparentemente en una pequeña falla en forma de espolón al oeste de la Falla Bucaramanga”. En Ward., et al (1973).

“La Falla de Rionegro, se extiende hacia el noreste y desde cerca de la confluencia de los ríos Negro y Lebrija y luego dobla hacia el norte, a una posición tangente a la Falla de

Bucaramanga. Algunos de los estratos de la formación Bocas están altamente fracturados, entre las Fallas de Rionegro y Bucaramanga”. En Ward., et al (1973)

– **Anticlinal de Provincia**

En la memoria explicativa del cuadrángulo H12 Ward., et al (1973), establece que “el eje de esta estructura se separa en la superficie y hacia el noroeste de la directriz en el nivel productivo del campo petrolero que lleva el mismo nombre”.

– **Anticlinal de Vanegas**

Ward., et al (1973) define esta estructura con “eje algo ondulante y de suave cabeceo, que puede trazarse por unos 14 Km desde la Formación Girón en el norte hasta la Luna, en el sur. En vista de su longitud y persistencia probablemente continúe hasta la Formación Umir en el sur”.

– **Sinclinal de Vanegas**

“Presenta un cabeceo suave hacia el sur y desaparece debajo del material aluvial del Río Lebrija. El eje está bien definido hacia el norte hasta la falla de Cuestarica”. En Ward., et al (1973).

– **Sinclinal Arévalo**

“Se encuentra cerca del flanco oriental de la depresión estructural de Vanegas y de dirección Norte – Noroeste; es el mejor definido de varios pliegues que ocurren al este de la Falla del río Cáchira. Cabecea suavemente hacia el sur y desaparece debajo de los depósitos del

cuaternario”. En Ward., et al (1973).

ESTRUCTURAS DE LA REGIÓN ORIENTAL DE LA PROVINCIA MACIZO DEL SANTANDER

– Falla de Suratá

Se localiza al nororiente de Bucaramanga, es la más larga de las fallas de dirección NE y se une a la Falla de Bucaramanga en el Sector del Café Madrid (Norte de Bucaramanga), tomando un rumbo N40E el cual sigue el curso del Río Suratá, continuando hacia el NE al occidente de Matanza. Algunos autores la correlacionan como una continuación extrema de la Falla de Boconó (Venezuela).

Royero y Clavijo (2001) la definen como una “falla de tipo inversa de ángulo alto y su plano de falla buza al Noroccidente. Su evolución tectónica se encuentra relacionada con la orogenia terciaria según Julivert y Téllez (1963). La falla Suratá afecta a la Falla Bucaramanga - Santa Marta por lo menos 750 m, al Norte de Bucaramanga (Ward et al., 1973)”.

– Falla del Río Cucutilla

Ward., et al (1973) menciona que “la falla cruza el Río Vetas y Páramo Rico para intersectar la falla de Charta”. Es la mayor estructura presente en el municipio y afecta las rocas ígneas y metamórficas, a este sistema están asociadas varias estructuras entre la que cabe mencionar la falla de la quebrada Las Calles de dirección N35° a 40°E buzando unos 70° situada al oriente del municipio.

– **Falla del Río Charta**

Definida por Ward., et al (1973) como “una notable falla en arco de dirección noroeste a oeste, al sureste y este de Charta. Muestra poco desplazamiento vertical aparente, pero apreciable desplazamiento horizontal sinistral. Se extiende desde el área de Charta, a través de la parte sur del Páramo de Santurbán, al río Caraba”. Pone en contacto el Neis de Bucaramanga con el Ortoneis.

– **Falla de Tona**

“Esta se extiende desde la falla la Cristalina en jurisdicción del municipio de Charta, en una dirección sur a suroeste, a través de la población de Tona, hasta la Falla de Sevilla. Se extiende principalmente a través de rocas metamórficas del Pre-devónico y en su parte final separa estas rocas Ígneo-metamórficas de sedimentarias del cretáceo” En Ward., et al (1973). La Falla de Tona probablemente continua hacía el sur, como lo sugiere un lineamiento que se manifiesta con aparente continuidad en la dirección. “El desplazamiento vertical mínimo de la falla se estima en por lo menos 300 m”. En Ward et., al (1973).

– **Falla la Cristalina**

“Falla con dirección norte-noroeste, que coloca las rocas sedimentarias del cretáceo inferior al superior en el este en contacto con el Ortoneis Pre-Devónico y la Formación Silgará, en el oeste” En Ward., et al (1973). Esta falla se extiende hacia el sur, siguiendo el curso de la quebrada Sulasquilla y continuando hacía el sureste por la quebrada Chorrerón. “La Falla la Cristalina al parecer, termina en rocas sedimentarias del cretáceo al este de la Falla de Suratá. El

desplazamiento vertical máximo de la Falla se estima en por lo menos, 1400 m”. En Ward., et al (1973).

– **Fallas del Picacho y Sevilla**

“Estas son fallas paralelas de dirección Sur-suroeste, que se extienden por la mitad del sinclinal del Picacho, dentro de las formaciones Tambor y Rosa Blanca. La falla del Picacho es una falla normal, con un salto vertical de 400 a 500 m con el bloque occidental levantado y una longitud aproximada de 10 Km” En Coronado., et al (2006). Termina contra fallas menores de dirección noreste, hacía el sector de la Quebrada las Aguaditas.

“La falla de Sevilla es una falla normal con una longitud aproximada de 20 Km, se desprende de la falla de Bucaramanga, en el sector comprendido entre Los Curos y Piedecuesta y sigue el curso de la quebrada Sevilla. La falla se ramifica en el Sector el Picacho, terminando cerca de la quebrada Cristalina, afluente del río Tona”. En Coronado., et al (2006).

– **Falla de Cáchira**

“Fractura de aproximadamente 30 Km de longitud separa rocas sedimentarias del Mesozoico al este, de metamórficas de bajo grado al oeste. De tipo normal presenta un alto grado de inclinación hacia el este y su rumbo corresponde a la tendencia regional nor-noreste, excepto en su extremo norte en donde cambia a noreste para desaparecer dentro de un conjunto de rocas sedimentarias” En Ward., et al (1973).

– **Sinclinal del Picacho**

“Estructura de dirección Noroeste que pliega suavemente rocas del Jurásico y Cretáceo inferior (formación Girón, Tambor y Rosa Blanca). Las rocas infrayacentes al oeste de la estructura corresponden a la formación Silgará, mientras que al este en la región de Llano Adentro corresponde a la Cuarzo monzonita de Santa Bárbara” En Ward., et al (1973).

6.3 Geología económica de la cuenca del Río Alto Lebrija

Con base en la “Memoria explicativa del Mapa Geológico generalizado de Santander” de Royero y Clavijo (2001), Mapa de Recursos Minerales de Colombia de Ingeominas (2001) (*figura 11*) y Listado de licencias ambientales para explotación minera actualizada por la CDMB (2017); se establece para la Cuenca Río Alto Lebrija los siguientes grupos de recursos minerales y materiales, que aportan al desarrollo socioeconómico del área en estudio.

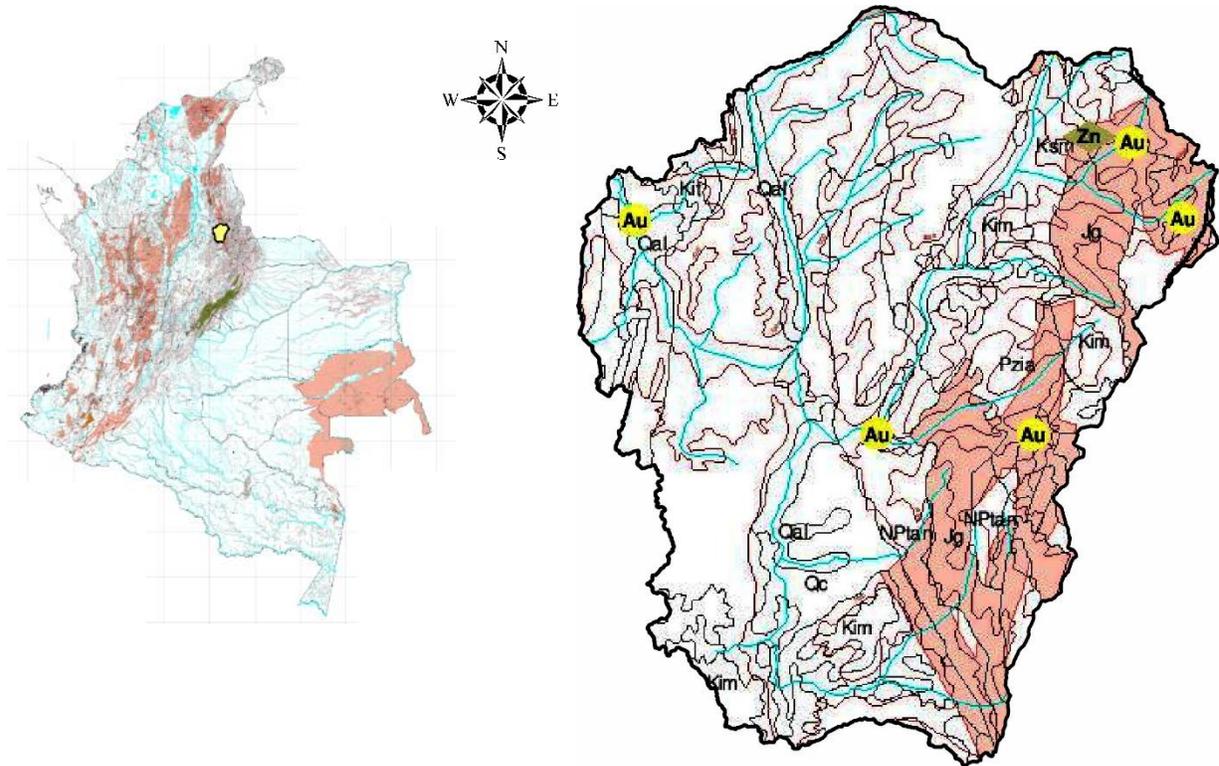


Figura 11. *Minerales metálicos y preciosos en la Cuenca Río Alto Lebrija.*

Nota: Adaptado de Ingeominas (2001). Imagen de mapa de recursos minerales de Colombia.

http://www.simec.gov.co/portals/0/Mapas/Mapa_Miner_Metal.pdf

– *Metales y minerales preciosos*

Oro y Plata

“En el Distrito Minero de Vetas-California, localizado al nororiente de Bucaramanga, se conocen mineralizaciones auro-argentíferas de filón, explotadas en forma casi permanente desde la época de la Colonia. Se reconocen como las únicas mineralizaciones de oro y plata, existentes y explotadas en la región central del Macizo de Santander en la Cordillera Oriental” (Royero y Clavijo, 2001).

La mayoría de las estructuras mineralizadas se encuentran en zonas donde las rocas encajantes han sido sometidas a esfuerzos diferenciales con intenso diaclasamiento y cizallamiento. “Los filones de cuarzo mineralizados, comúnmente son de color gris y tienen textura brechoide; se encuentran en rocas ígneas y metamórficas, las cuales presentan diferente tipo de alteración hidrotermal, tales como argílica, propílica, sericítica y silicificación” (Mendoza y Jaramillo, 1975) (en Royero y Clavijo, 2001).

“La pequeña minería de oro aluvial ha estado parcialmente desarrollada en las áreas municipales de California, Suratá, Matanza, Girón, Lebrija (Vanegas) y Sabana de Torres, especialmente en los cauces de los ríos Suratá, de Oro, Lebrija y de las quebradas afluentes, donde se explota oro libre, producto de la meteorización y erosión de filones, donde el oro está asociado a sedimentos aluviales de terrazas y bancos de arena y grava. La minería es esporádica y a nivel artesanal por parte de barequeros o mazamorreros, excepto en Sabana de Torres donde se utilizan motobombas, bulldózers, minidragas y canalones, pero el desarrollo minero es desorganizado y genera un impacto ambiental negativo y perjudicial sobre el medio ambiente físico” (Royero y Clavijo, 2001).

Actualmente entre los municipios de Vetas y California, se han aprobado alrededor de 972 Ha para la exploración y explotación de metales preciosos (Oro y Plata) y 580 Ha, se encuentran en estudio de aprobación. En el municipio de Suratá, aproximadamente 142 Ha presentan aprobación ambiental para la extracción de Oro y Plata, mientras que, aproximadamente 525 Ha están en estudio de licitación (CDMB, 2017).

– *Minerales y metales básicos*

Plomo, Cobre y Zinc

Las mineralizaciones de estos metales básicos se encuentran asociadas con secuencias sedimentarias del Cretácico inferior, donde los sulfuros se presentan en forma de lentes, venas y disseminaciones en calizas y areniscas calcáreas de las formaciones Rosa Blanca y Tibú-Mercedes. Generalmente estas mineralizaciones se encuentran en fracturas, relleno de cavidades, filones, venillas y como reemplazamiento parcial de la roca encajante (Royero y Clavijo, 2001).

Entre los municipios de California y Suratá, se ubican aproximadamente 5245 Ha, aprobadas para la exploración y explotación de Cromo, Zinc, Plomo y Cobre (CDMB, 2017).

– *Recursos energéticos*

Carbón

“Los recursos carboníferos en Santander no solamente representan un gran potencial minero económico por las reservas y especialmente por su calidad, sino que ofrecen buenas perspectivas de desarrollo industrial-minero al transformarse estos recursos en fuente térmica para la producción de energía eléctrica, en fuente de divisas para el departamento y el país, y especialmente en fuente de empleo con grandes expectativas sociales y económicas para la región” (Royero y Clavijo, 2001).

Según estadísticas de la CDMB (2017), entre los municipios de Lebrija y Rionegro, se localizan 4000 Ha en estudio de aprobación para explotación de carbón, mientras que; alrededor de 613 Ha ya han sido aprobadas para la extracción de este mineral.

Asfaltita

En el municipio de Rionegro, se encuentran 238 Ha definidas y aprobadas como prospecto para exploración y explotación de asfaltita (CDMB, 2017).

– *Materiales de Construcción*

“Santander cuenta con varias zonas o localidades que son fuentes del grupo de materiales de construcción, como son las calizas, arcillas, agregados pétreos (piedra común, gravas, gravillas y arenas) y piedras ornamentales como mármoles, caliza marmorizadas, esquistos y granitos” (Royero y Clavijo, 2001).

En los municipios de Rionegro, Matanza, Charta, Bucaramanga, Piedecuesta y Girón; se localizan 800 Ha aprobadas para explotación, 215 Ha en estudio y 54 Ha negadas para extracción legal de estos materiales (CDMB, 2016).

Arcillas

Depósitos residuales de arcillas arenosas con buena plasticidad se explotan en diferentes zonas de Santander; su acumulación es producto de la erosión y el transporte de material arcilloso, proveniente principalmente de rocas sedimentarias y metamórficas. En el área metropolitana de Bucaramanga se encuentran numerosos chircales o ladrilleras que aprovechan los niveles arcillosos de la unidad Meseta de Bucaramanga y de la Formación Girón, se han llegado a producir hasta 16.000 toneladas al mes de arcilla removida para ladrillos (Menco y Camacho, 1994) (en Royero y Clavijo, 2001).

Según CDMB (2017), en el municipio de Girón se localizan 269 Ha en estudio de aprobación para la explotación de arcillas cerámicas, ferruginosas y misceláneas.

7. Geología del Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija

En general, la zona de estudio comprende rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas y depósitos cuaternarios junto con unas cuantas estructuras que crean la disposición de su relieve. Hacia la parte occidental del trazo de Falla Bucaramanga corresponde predominantemente rocas sedimentarias como las Formaciones: Diamante, Bocas, Jordán, Girón, Los Santos (Tambor), Rosablanca, Paja, Tablazo, La Luna, Lizama y La Paz, mientras que hacia la parte Oriental del trazo de Falla Bucaramanga – Santa Marta, comprende rocas predominantemente ígneas y metamórficas como la Formación Silgara, Neis de Bucaramanga, Ortoneis, Cuarzomonzonita de la Corcova, Granodiorita del Batolito de Rionegro, aunque también se encuentran cuerpos sedimentarios en esta parte de la zona de estudio pero son de menor extensión y se presentan como partes aisladas – Mapa Geología del Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija (Figura 12) (Apéndice G).

Este capítulo abarca las descripciones litológicas y de estructuras primarias y secundarias para la zona de estudio a partir de información obtenida en estaciones de campo y de información de estudios anteriores. Sin embargo, durante el reconocimiento en campo no se identificaron todas las litologías ni estructuras presentes en el mapa Geología de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija, por diferentes factores como cobertura vegetal y zonas de difícil acceso.

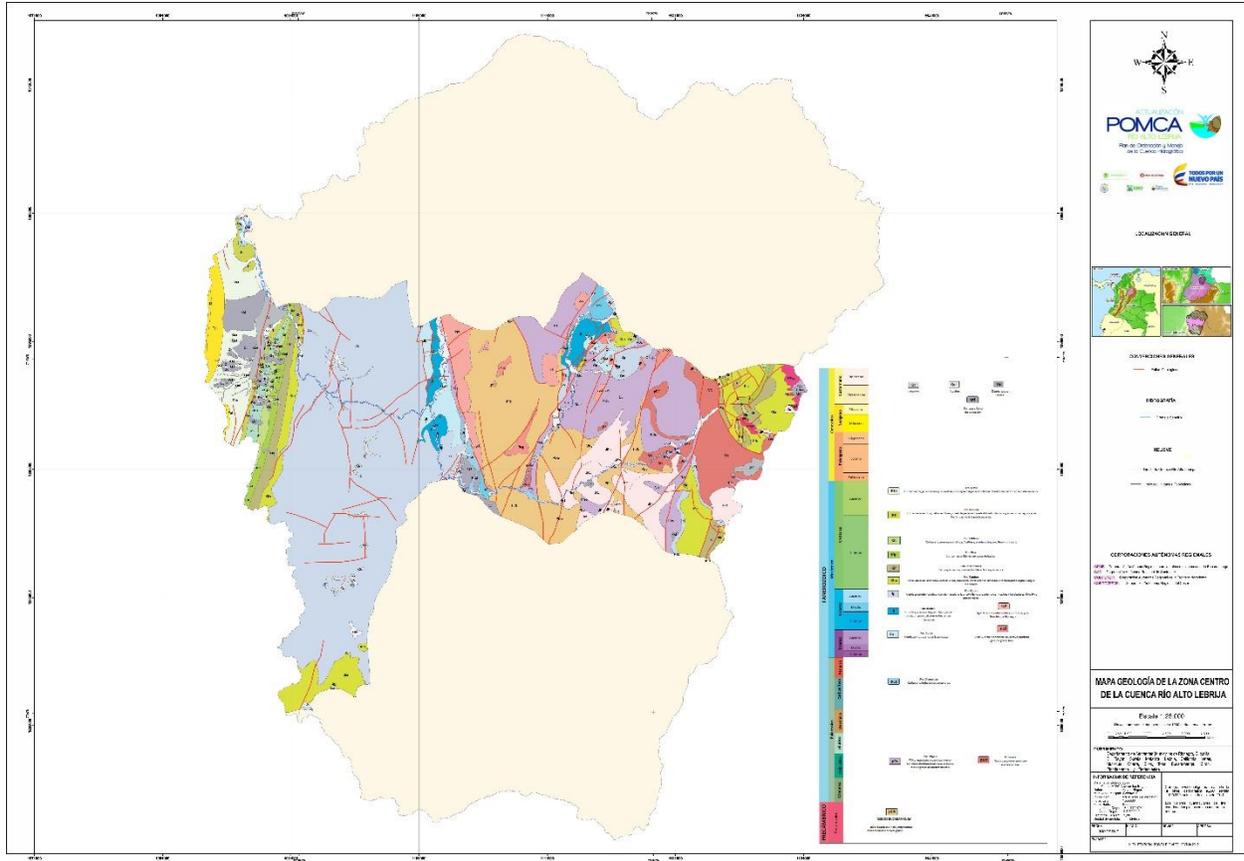


Figura 12. Imagen del Mapa Geológico de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija.

Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

7.1 Unidades Litoestratigráficas de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija

Las unidades identificadas y descritas a continuación fueron principalmente basadas en información de POT, POAT, EOT correspondientes a la zona de estudio, planchas geológicas (109 Rionegro – 120 Bucaramanga), memorias explicativas (cuadrángulo H12 Bucaramanga – H13 Pamplona y

Mapa geológico Generalizado Departamento de Santander) y de información recopilada durante el reconocimiento de campo.

Unidades Sedimentarias

Formación Diamante (PCd):

Esta formación se encuentra en la parte central de la zona de estudio, al norte de Bucaramanga sobre la vía Bucaramanga – Rionegro, comprende arenisca de dureza variable, de grano fino a medio presentando un color oscuro purpura grisáceo e intercalación de arcillolita del mismo color. (Figura 13).

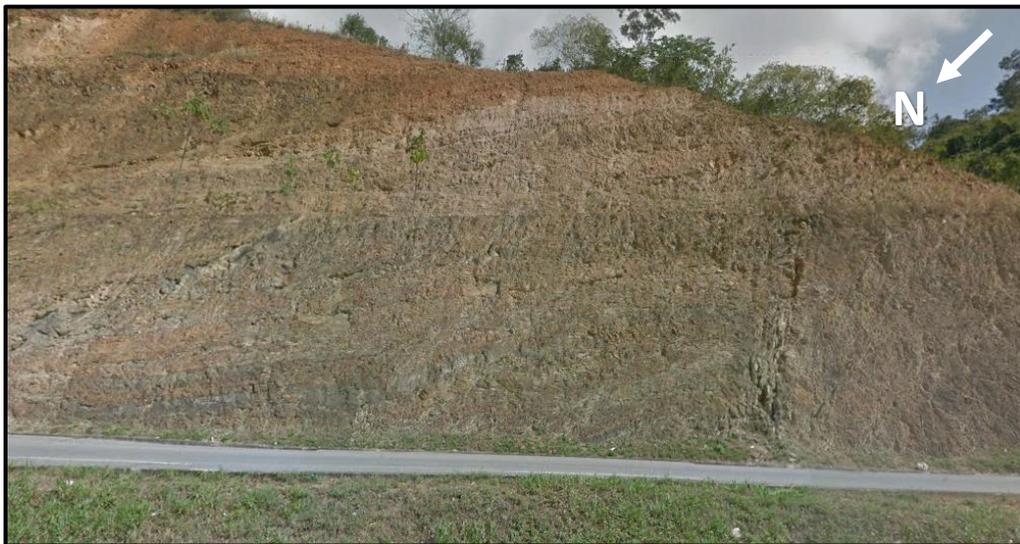


Figura 13. *Formación Diamante*

Localizada en la vereda Vijagual, municipio de Bucaramanga (1286751N, 1104613E). Se observa arenisca altamente meteorizada, color grisáceo. En ciertas partes del afloramiento no se evidencia claramente la dirección de sus estratos.

Formación Bocas (Jb):

Esta unidad se encuentra hacia la parte nororiental y central de la zona de estudio, se evidencia sobre la vía Rionegro - Bucaramanga y Rionegro – Bocas, corresponde a arenisca calcárea de color gris verdosa, de grano fino, dura, presenta baja a moderada meteorización pero alto fracturamiento debido al trazo de la Falla Bucaramanga, (Figura 14).



Figura 14. *Formación Bocas*

Localizada en la vereda San Ignacio del municipio de Rionegro (Coordenadas 1290642N, 1102879E), arenisca calcárea, de grano fino, dura diaclasada con orientación preferente 276/68 (azimut de rumbo).

Formación Jordán (Jj):

Esta unidad se encuentra en la zona de estudio hacia la parte nororiental sobre la vía Bucaramanga – Matanza evidenciando limolitas color rojizo y en la parte central sobre la vía Rionegro – Bucaramanga evidenciando intercalaciones de capas de arenisca marrón rojiza, de grano fino, dura, de moderado a alto fracturamiento y limolitas de color gris verdosa competente, presentando una variada meteorización. (Figura 15 – A y B)

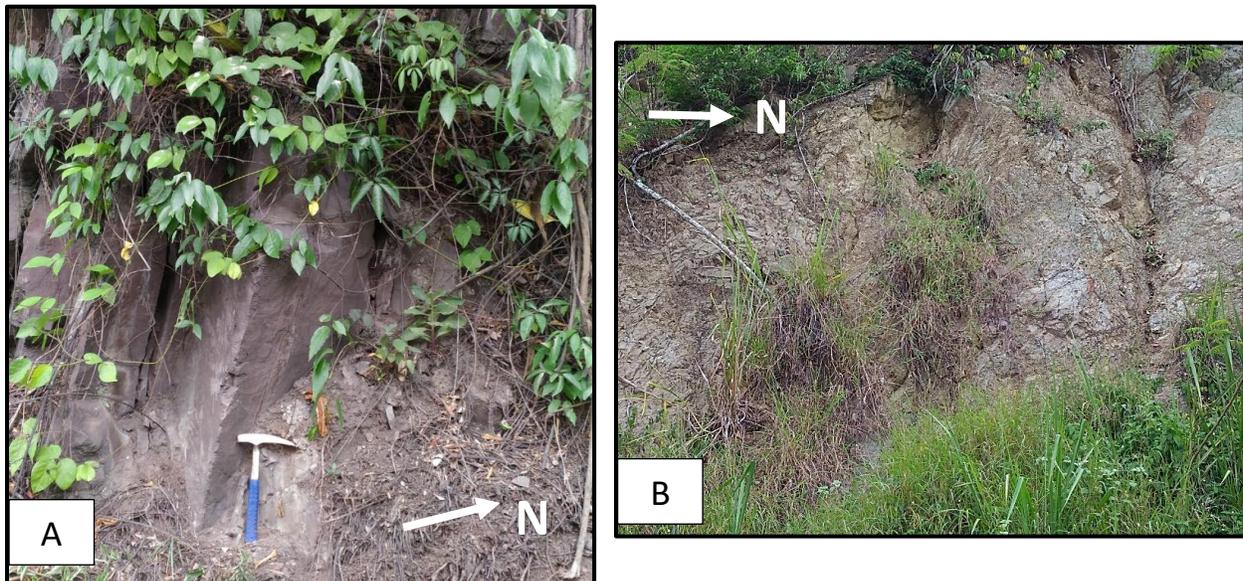


Figura 15. Formación Jordán

A). Localizada en la vereda San Pablo del municipio de Rionegro (Coordenadas 1296821N, 1102084E), arenisca de color rojiza diaclasada con orientación preferente 72/82 (azimut de rumbo). B). Localizada en la vereda Vega Carreño del municipio de Rionegro (Coordenadas 1292364N, 1102496E) limolitas gris verdosa.

Formación Girón (Jg):

Se encuentra en gran extensión en el área de estudio en las subcuencas Angula, Lajas y Honda siendo predominante hacia la parte occidental del área de estudio, comprende principalmente intercalaciones de paquetes competentes de arenisca y limolitas color marrón rojizo, moderado fracturamiento y en la mayoría de la zona presenta alta meteorización. Esta litología se pudo evidenciar sobre la vía que conduce de Bucaramanga al aeropuerto Palonegro (Figura 16) y en general en el municipio de Lebrija.



Figura 16. *Formación Girón.*

Localizada en la vereda Palonegro del municipio de Lebrija (Coordenadas 1278614N, 1098888E), intercalación de arenisca con dirección de estratificación 159/28 (azimut de rumbo) y limolitas marrón rojiza.

Formación Los Santos (Tambor) (Kita):

Esta formación se encuentra en los extremos occidental y oriental de la zona de estudio en el municipio de Tona y Lebrija respectivamente, comprende capas gruesas de arenisca cuarzosa dura intercaladas en algunos sectores con lutitas grisáceas, exhibiendo un grado de fracturamiento alto a moderado (Figura 17).



Figura 17. *Formación Los Santos (Tambor)*

Localizada en la vereda Tembladal del municipio de Tona (Coordenadas 1289702N, 1125002E)
Capas de arenisca dura, con alto fracturamiento, presentando dirección de estratificación 204/40
(azimut de rumbo).

Formación Rosa Blanca (Kir):

Esta formación se encuentra hacia la parte más occidental y oriental de la zona de estudio, comprende calizas fosilífera de color gris intercalado con arenisca y shale, presentando alta a moderada meteorización, bioturbación y moderado a bajo fracturamiento. Esta formación se pudo evidenciar sobre la vía que conduce de la vereda Brisas al Conchal del municipio de Lebrija (Figura 18).

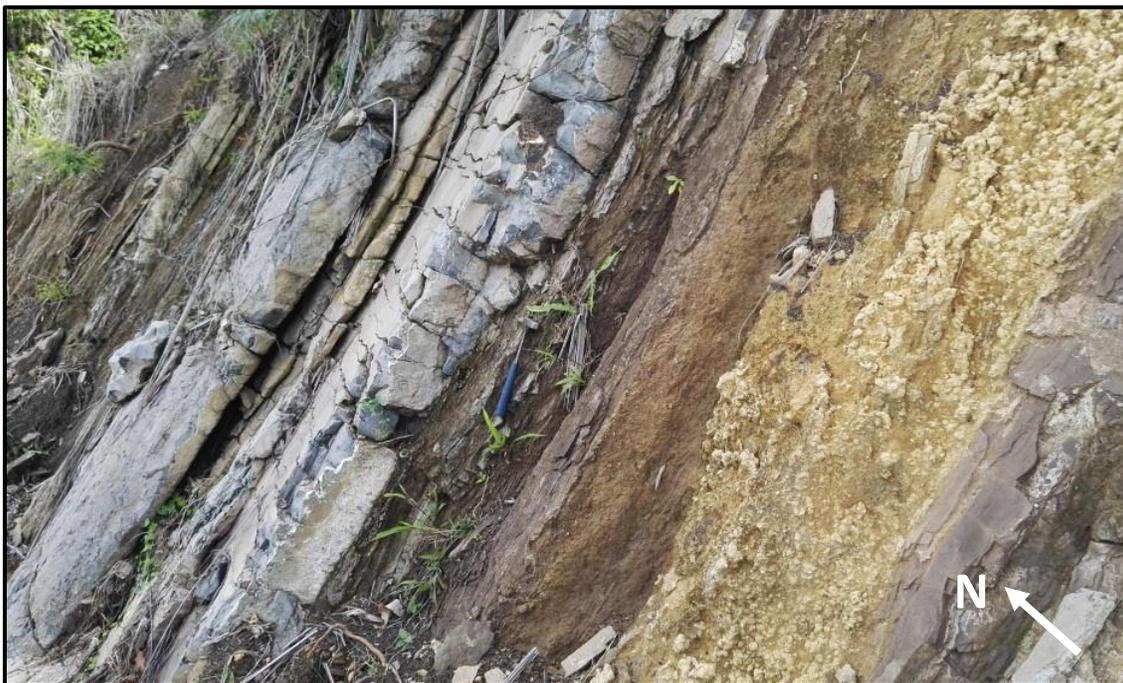


Figura 18. *Formación Rosablanca.*

Localizada en la vereda La Cutiga del municipio de Lebrija (Coordenadas 1294327N, 1090481E)
Caliza con orientación de estratificación N20E/65NW intercalada con arenisca y shale muy meteorizada.

Formación Paja (Kip):

Esta formación se puede evidenciar hacia el municipio de Tona en la vereda Tembladal y en el municipio de Lebrija en la vereda La Cutiga, corresponde a shales grises fisiles, altamente meteorizados presentando oxidación. (Figura 19).



Figura 19. *Formación Paja*

Localizada en la vereda San Joaquín del municipio de Lebrija (Coordenadas 1287402N, 1089090E) Shale muy fisil.

Formación Tablazo (Kit):

Esta unidad se evidenció sobre la vía Tona – Berlín, consta de capas de arenisca competente, dura, masiva, meteorizada y oxidada por efecto de la humedad. No se evidencian planos de estratificación (Figura 20).



Figura 20. *Formación Tablazo.*

Localizada en la vereda Tembladal del municipio de Lebrija (Coordenadas 1289362N, 1126358E)

Arenisca dura, masiva.

Formación La Luna (Ksl):

Esta unidad se encuentra hacia la parte más occidental de la zona de estudio en las veredas Conchal La Cutiga y Floresta, consta de caliza masiva con niveles de nódulos calcáreos

aproximadamente de 5 – 20 cm de diámetro, la roca se encuentra altamente fracturada y meteorizada (Figura 21).



Figura 21. *Formación La Luna*

Localizada en la vereda Conchal del municipio de Lebrija (Coordenadas 1296495N, 1089946E) caliza con concreciones calcáreas.

Formación Umir (Ksu):

Esta unidad se encuentra hacia la parte más Occidental de la zona de estudio en las veredas Montevideo, Chingua, Centenario del municipio de Lebrija, corresponde a shale blando de tonalidad gris oscuro a verdoso (Figura 22).



Figura 22. *Formación Umir*

Localizada en la vereda Centenario del municipio de Lebrija (Coordenadas 1290158N 1085768E).

Shale blando altamente meteorizado.

Unidades Metamórficas

Neis de Bucaramanga (pDb):

Esta unidad se encuentra en gran extensión en la parte centro-oriental del área de estudio al oriente del trazo de falla Bucaramanga – Santa Marta, abarcado parte de las subcuencas Negro Bajo, El Aburrado, Surata Bajo y Tona, consta de neis cuarzo feldespático, neis hornbléndico, neis

anfibolítico y en algunas localidades se observa migmatítica con capas delgadas calcosilicatadas, en general esta unidad presenta moderada a alta meteorización e igual fracturamiento. (Figura 23).

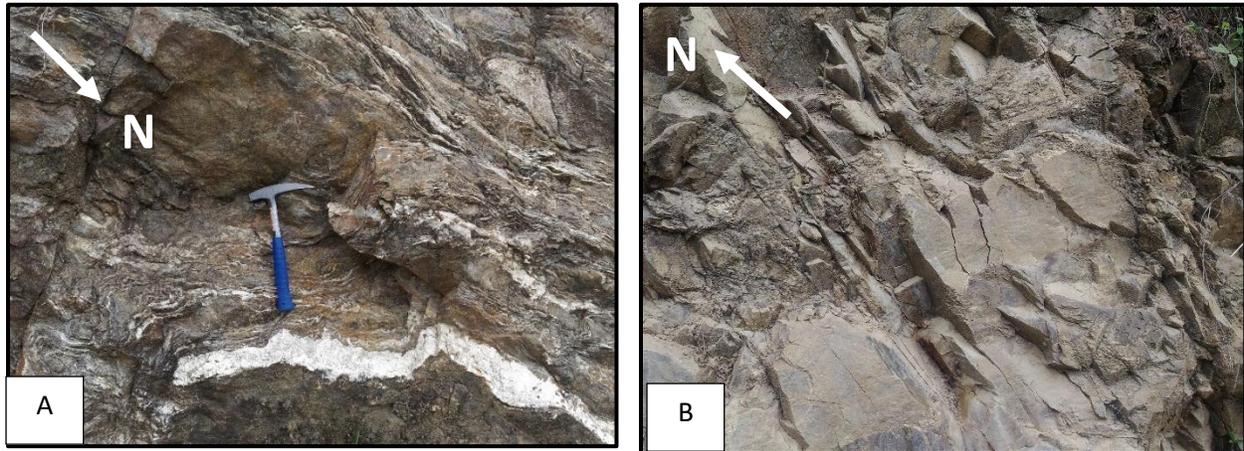


Figura 23. *Neis de Bucaramanga*

Nota: Localizado en la vereda Retiro Grande Parte Baja del municipio de Bucaramanga A). Coordenadas 1283085N, 1108770E. Corresponde a migmatítica con capas calcosilicatadas. B). Coordenadas 1282987N, 1110106E. Corresponde a neis hornbléndico.

Formación Silgará (pDs):

Esta unidad se encuentra principalmente sobre la subcuenca Surata Bajo, en la vía que conduce de Bucaramanga a Matanza. Comprende principalmente esquistos micáceos altamente meteorizados y cuarcitas (Figura 24).

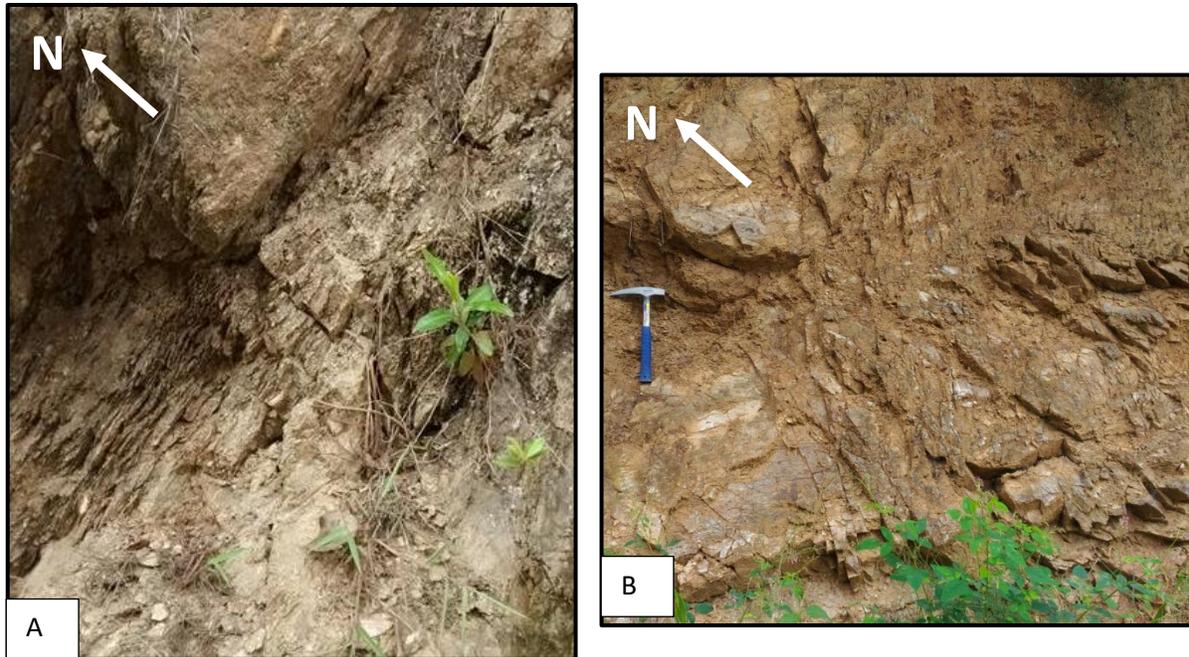


Figura 24. *Formación Silgará*

A). Localizada en el corregimiento La Aguada del municipio de Charta (Coordenadas 1290445N, 1112739E) Esquistos moderadamente alterados. B). Localizada en la vereda Retiro Grande Parte Baja del municipio de Bucaramanga (Coordenadas 1283315N, 1109512E) Neis micáceo altamente meteorizado.

Unidades Ígneas

Ortoneis (pDo):

Esta unidad se encuentra sobre la vía Bucaramanga – Berlín, en las veredas Pirigua, Ucata, Pitones, Palmar y parte de El Quemado del municipio de Tona, se encuentra como Ortoneis cuarzofeldespático constituido de Cuarzo, Feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y biotita, altamente alterado y meteorizado (Figura 25).



Figura 25. *Ortoneis.*

Localizado en la vereda Pitones del municipio de Tona (Coordenadas 1289379N, 1123816E)

Ortoneis Cuarzofeldespático muy meteorizado.

Cuarzomonzonita de La Corcova (JRcl):

Esta unidad se encuentra en la vía Bucaramanga – Tona y en la vía que conduce del Picacho a Bucaramanga, está compuesta de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y en menos cantidad biotita, de grano fino a medio, presenta tonalidad blanca. En algunos sectores se encuentra altamente meteorizada presentando un color amarillento (Figura 26)



Figura 26. *Cuarzomonzonita de La Corcova*

Se localiza en la vereda Guarumales del municipio de Tona (Coordenadas 1281618N, 1116466E)
Cuarzomonzonita.

Granodiorita del Batolito de Rionegro (Jgd):

Esta unidad se encuentra al este de la Falla Bucaramanga sobre la vía Bucaramanga - Rionegro, está compuesta de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y cantidades menores de biotita. Se encuentra altamente meteorizado casi suelo presentando una tonalidad gris claro amarillento (Figura 27).



Figura 27. *Granodiorita del Batolito de Rionegro*

Localizada en la vereda La Esmeralda del municipio de Bucaramanga (Coordenadas 1289437N, 1104278E) Granodiorita altamente meteorizada. Se presenta flujo de detritos.

Depósitos Cuaternarios.

La zona centro de la cuenca Rio Alto Lebrija presenta diferentes tipos de depósitos, entre los que se destacan: Depósitos de Terraza, Coluviones, Aluviones y Depósitos de ladera, los cuales se detallan más adelante.

7.2 Geología Estructural de la Zona Centro de la Cuenca Rio Alto Lebrija

La zona de estudio presenta diferentes estructuras tanto primarias como secundarias que evidencian procesos tectónicos y que afectan las rocas aflorantes. Las estructuras primarias se

definen como fallas geológicas regionales presentes en la zona de estudio. Las estructuras secundarias son los pliegues, microfallas y diaclasas que se evidencian a escala de afloramiento.

Estructuras Primarias

La Zona de estudio se encuentra controlada por alrededor de 5 fallas principales, encontrándose hacia el Este una alta densidad con una orientación predominante SE, aunque notoriamente se evidencia una disminución en la cantidad de fallas hacia el Oeste presentando una orientación NW.

Falla Bucaramanga

Es el rasgo estructural más evidente y controla el patrón estructural de la zona de estudio. Presenta dirección S- N. Se encuentra alineada con el Rio de Oro y Rio Negro y atraviesa el área de estudio dividiendo está en dos regiones estructurales oriental y central y/o en dos provincias principales; la provincia Macizo de Santander (Bloque Ocaña) y Provincia de la Cordillera Oriental. (Figura 28)

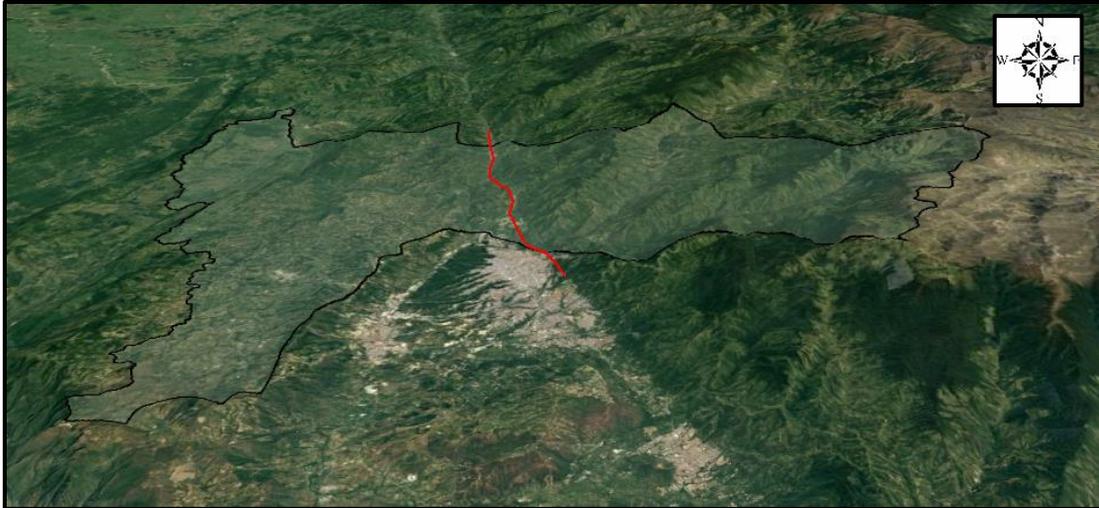


Figura 28. Falla Bucaramanga

Panorámica en la que se puede evidenciar el trazo de la Falla de Bucaramanga N-S. Adaptado de Google Earth.

Falla Surata

Esta estructura presenta una orientación N-E, atraviesa la parte nororiental de la zona de estudio, a lo largo de toda la subcuenca Surata Bajo, encentrándose alineada con el río Surata (Figura 29).



Figura 29. *Falla Surata*

Nota: Imagen en la que se puede evidenciar el trazo de la Falla de Surata N-E. Adaptado de Google Earth.

Falla Cucutilla

Esta estructura presenta dirección SE, atraviesa la parte oriental de la zona de estudio sobre la subcuena Tona. No se evidencio claramente.

Falla Lebrija

Esta estructura presenta dirección NW, atraviesa la parte Occidental de la zona de estudio, hacia el sur de la Subcuena Lebrija Medio. No se evidencio claramente algún indicador de esta falla.

Falla Tona

Corresponde a una falla de alcance local, presentando dirección SW, atravesando la población de Tona y la cual se encuentra alineada con el río del mismo nombre (Figura 30).

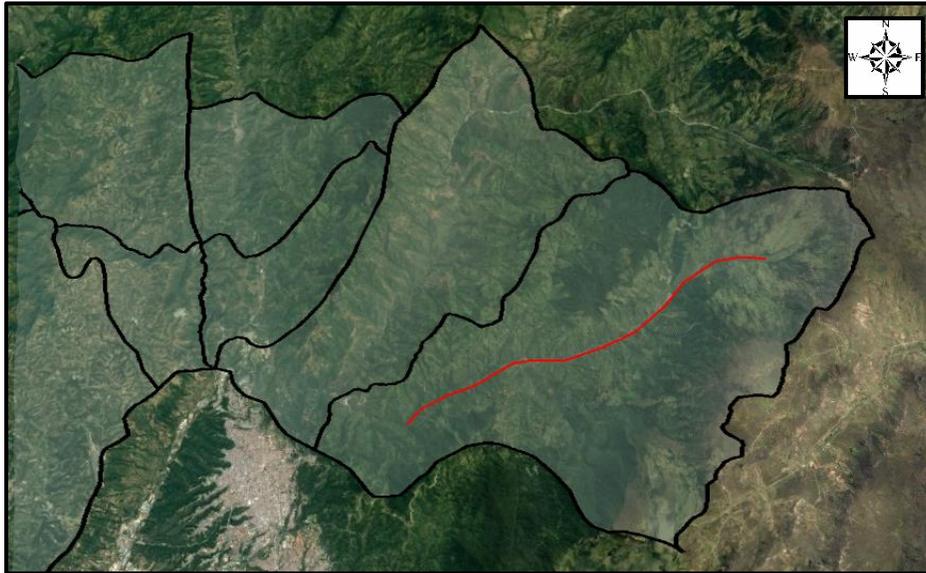


Figura 30. *Falla Tona*

Imagen en la que se puede evidenciar el trazo de la Falla de Tona SW. Adaptado de Google Earth.

Estructuras Secundarias

Comprende las estructuras como microfallas, plegamientos, diaclasas a escala de afloramiento, los cuales se encontraron durante el reconocimiento en campo en la zona de estudio (Figura 31 – 33)



Figura 31. *Microfallas*

Nota: Localizada en la vereda Retiro Grande Parte Baja del municipio de Bucaramanga (Coordenadas 1283076N, 1108773E). Se evidencia lineamientos y migmatización.





Figura 32. Plegamiento

A) Localizada en la vereda Tembladal del municipio de Tona (Coordenadas 1288582N, 1128587E). Se evidenciar un fuerte plegamiento en cuarcitas de la Formación Tambor. B) Localizada en la vereda Alizal del municipio de Tona (Coordenadas 1290275N, 1125421E). Se evidencia un fuerte plegamiento de la Formación Tablazo.



Figura 33. Diaclasamiento

Nota: Localizada en la vereda Tembladal del municipio de Tona (Coordenadas 1288145N, 1128843E). Se evidencia alto fracturamiento en la Formación Tambor.

8. Geomorfología de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija

La geomorfología describe las formas actuales del relieve, tanto estructural como superficialmente, y analiza el origen y la evolución del paisaje, como resultado de la acción combinada de diversos factores y procesos, como la composición del material y los procesos geológicos que han ayudado a “moldear” las superficies. Éstos abarcan los procesos morfoestructurales, controlados por la acción de fallamientos o fracturamientos en la roca; procesos denudacionales, controlados por efectos de erosión y meteorización; procesos fluviales, provocados por la acción continua del agua; y procesos glaciares, generados por la acción del hielo.

La zona de estudio presenta alturas máximas aproximadas de 3.478 m.s.n.m. y alturas mínimas aproximadas de 178 m.s.n.m. Las pendientes en la zona varían de bajas - moderadas a muy altas típicas de geoformas de origen morfoestructural y denudacional principalmente.

Este capítulo abarca las observaciones e interpretaciones geomorfológicas realizadas para la zona de estudio a partir de, fotografías de campo e imágenes satelitales (2015 – 2016) de la plataforma de información geográfica Google Earth, que sirvieron de apoyo para evidenciar las subunidades geomorfológicas en sectores de difícil acceso y las cuales fueron plasmadas en el Mapa Geomorfológico de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija (Figura 34) (Apéndice H).

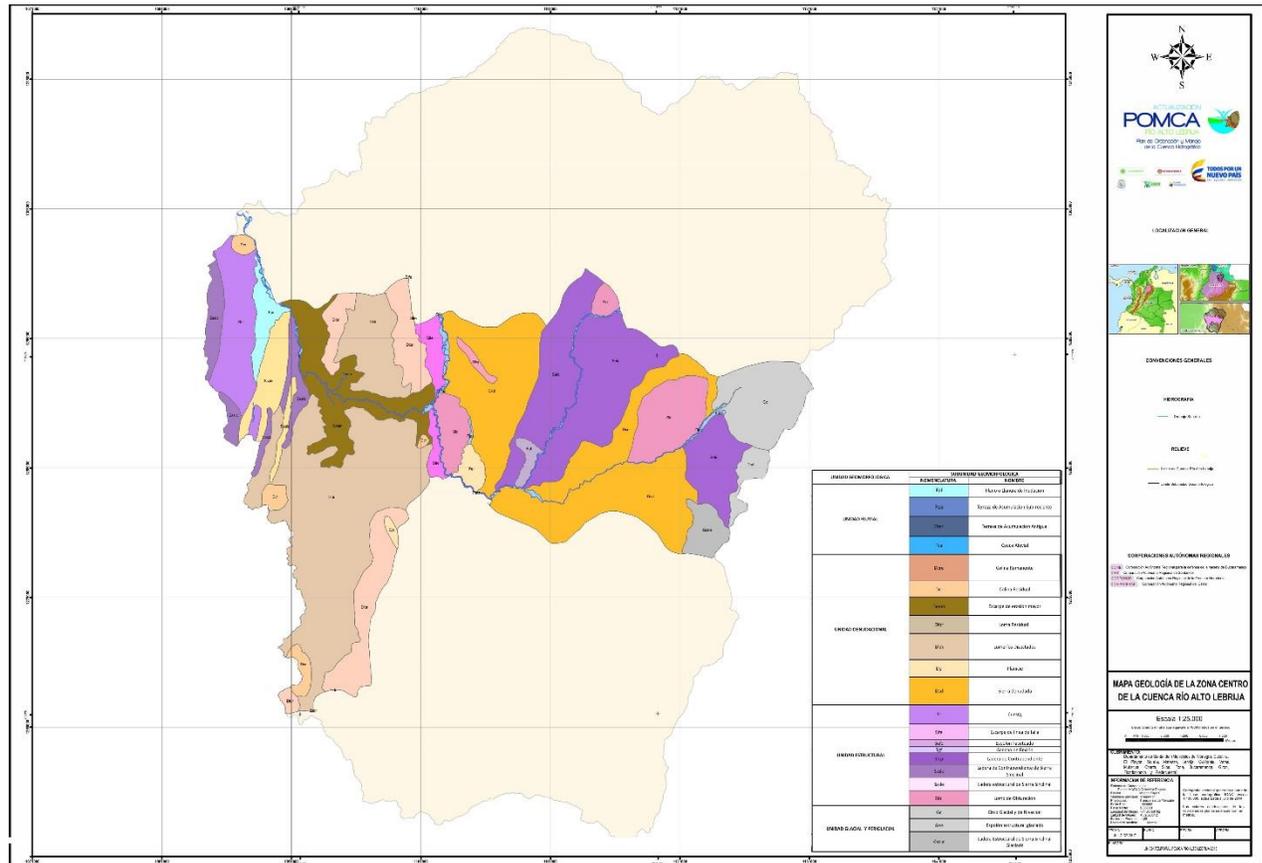


Figura 34. Imagen de Mapa Geomorfológico de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija.

Adaptad de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015

8.1 Unidades Y Subunidades Geomorfológicas

Las unidades y subunidades identificadas y descritas a continuación se basan en el Glosario Geomorfológico del Servicio Geológico Colombiano – SGC, 2014

8.1.1 Subunidades de Origen Denudacional

Incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos. (SGC, 2014).

Colina remanente disectada (Dcred): Prominencias topográficas aisladas con una altura entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima redondeada y estrecha limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa y pendientes abruptas a escarpadas, un alto grado de disección de los drenajes, desarrollo de valles en U y un índice de relieve bajo a moderado. Su origen es relacionado a procesos de denudación intensos. (SGC, 2014).

Esta geoforma se encuentra en la vereda Montevideo del municipio de Lebrija (Figura 35).

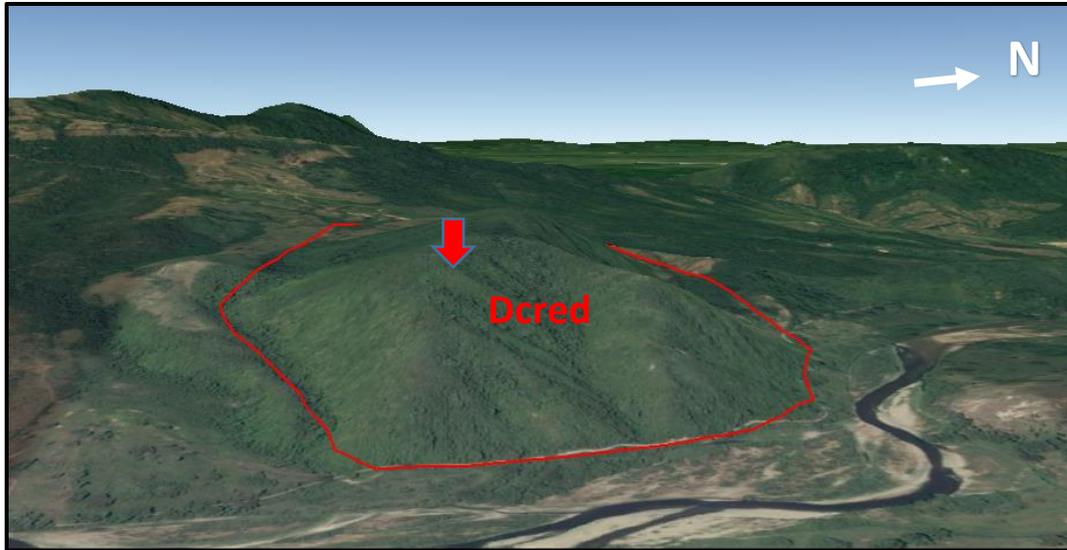


Figura 35. *Colina remanente disectada*

Localizada en el municipio Lebrija, vereda Montevideo (Coordenadas 1302173N, 1087018E).

Adaptada de Google Earth.

Colina residual (Dcr): Elevación del terreno entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima redondeada y amplia limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa a recta y pendiente inclinada a abrupta, con un índice de relieve bajo a moderado. Su origen es relacionado a procesos tectónicos y a la acción conjunta de periodos de denudación y meteorización asociados a factores litológicos locales. De manera generalizada, se localizan en zonas estructurales tabulares a suavemente inclinadas. (SGC, 2014).

Esta geoforma se encuentra en las veredas, Portugal (Figura 36), La Cuchilla, San Nicolás Alto, La Aguada del municipio de Lebrija y en las veredas Motoso y Pantano del municipio de Girón.



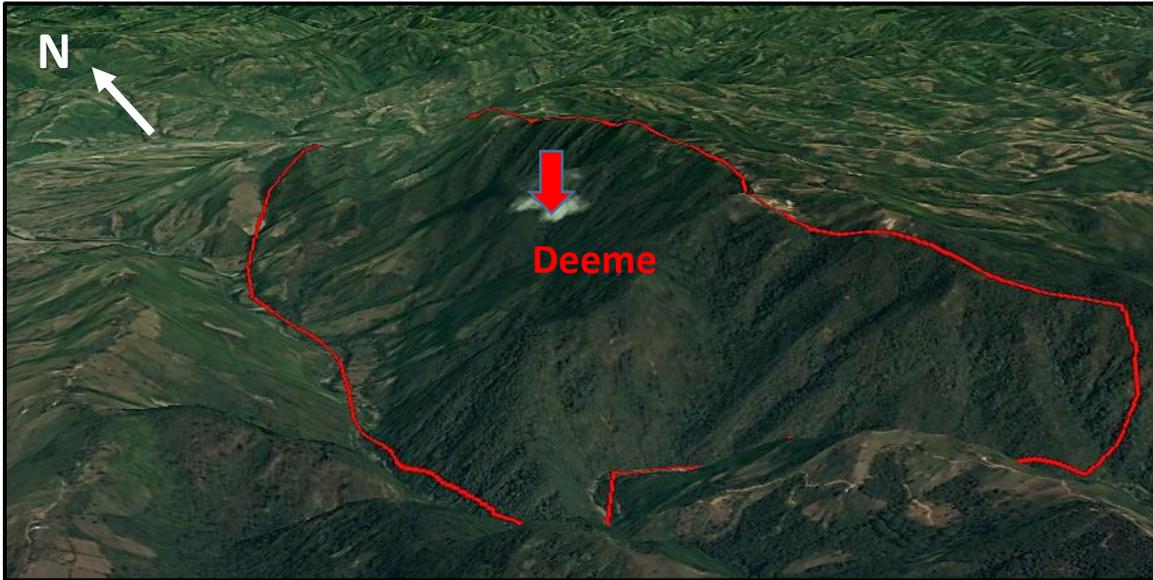
Figura 36. *Colina Residual.*

Localizada en el municipio Lebrija, vereda Portugal (Coordenadas 1282422 N; 1088373 E).

Escarpe de erosión mayor (Deem): Ladera abrupta o a desplome de altura variable que puede formarse por distintas causas: tectónicas, por la abrasión (erosión fluvial y marina), por procesos gravitacionales, glaciales, tectógenos. Eventualmente de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada. (SGC, 2014).

Esta geoforma se encuentra en las veredas Cruces, Tambor, Halirimante, Honda, primavera, Campo de Amor y Alto de Paja del municipio de Rionegro, en las veredas Zaragoza, San Cayetano, El Oso, La Victoria, Sardinias, San Pacho, La Aguada y Agurre del municipio de Lebrija (Figura 37).

Figura 37. *Escarpe de Erosión Mayor*



Localizada entre la Subcuenca Honda y sector de Lebrija Medio (Coordenadas 1294925N, 1092812E). Adaptado de Google Earth.

Loma residual (Dlor): Prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, con una morfología alomada y elongada de laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas, constituida por suelo residuales, cubiertos por niveles de material coluvial. Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial. (SGC, 2015).

Esta geoforma se encuentra en las veredas Llanadas, Santa Rosa, Rayitos, Altos de Palonegro, Palonegro, San Pablo, La Laguna, y la Puente del municipio de Lebrija, en las veredas Pantano y Motoso del municipio de Girón (Figura 38), en las veredas La Popa, Honda, Las Vegas,

San Pablo, San Juan, San Jorge, Llano de Palmas, Alto de Paja, San José de Arévalo en el municipio de Rionegro.



Figura 38. *Loma Residual.*

Localizada en el municipio Girón (Coordenadas 1276304 N; 1098886 E).

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

Esta geoforma se encuentra en las veredas Zaragoza, La Victoria, San Joaquín, Sardinias, Agurre, El Oso, Buena Vista, El Pórtico, San Lorenzo, Portugal, La Cuchilla, San Benito, San Nicolás Alto, San Nicolás Bajo, Cuzaman, San Cayetano, El Santero, Llanadas, El Progreso, La Esmeralda, Puyana, Santa Rosa, Cantabria, Mirabel, Santo Domingo, Manchadores, Betania, Rayitos, La Laguna, La Puente, Piedras Negras, El Salado, La Aguada y El Perímetro Urbano del municipio de Lebrija (Figura 39), en las veredas Motoso y Pantano del municipio de Girón, en las veredas Diamante, La Popa, Las Vegas, La Trampa, Llano de Palmas, Primavera, Campo Amor, Alto de Paja del municipio de Rionegro.

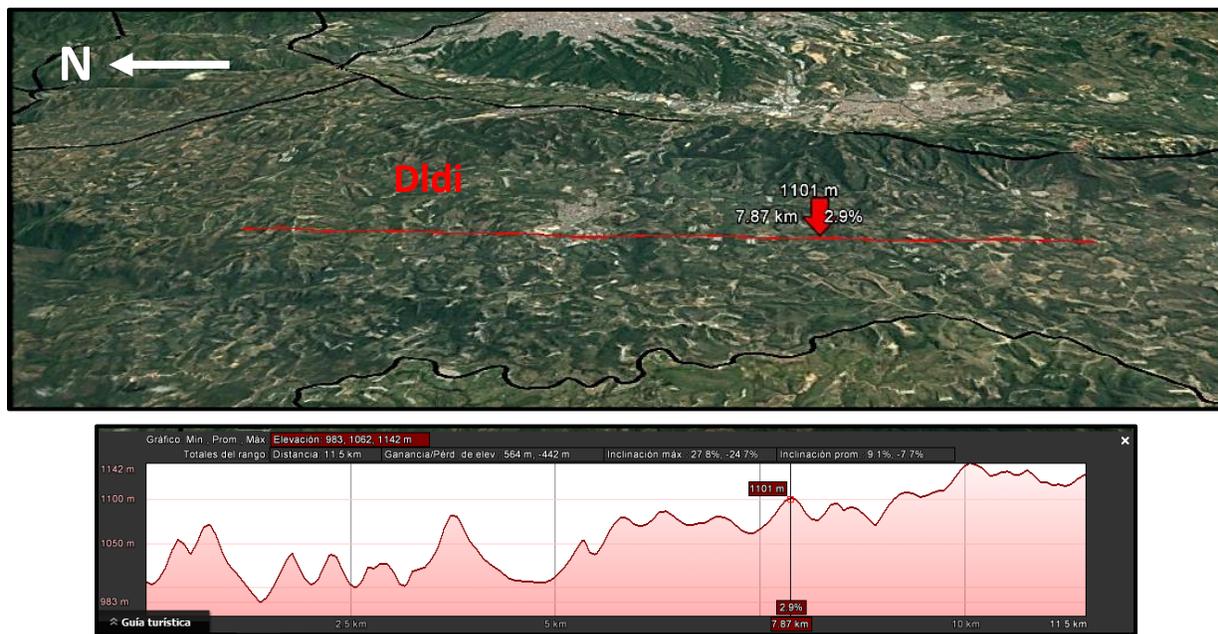


Figura 39. *Lomeríos Disectados*

Localizada en el municipio Lebrija, Subcuenca Angula. Adaptado de Google Earth.

Planicie (Dp): Porción de terreno extensa, plana, no confinada, de posición baja y pendiente plana a suave, generalmente menor a 5°. Se destaca por presentar un sistema fluvial complejo, donde son frecuentes las difluencias de las corrientes. (SGC, 2014).

Esta geoforma se encuentra en las veredas Montevideo, Chingua, Conchal, Centenario y El Líbano del municipio de Lebrija, en las veredas Vijagual, San Cayetano, El Pablon (Figura 40), Angelinos y El Perímetro Urbano del municipio de Bucaramanga.



Figura 40. *Planicie*

Localizada en el municipio Bucaramanga, vereda El Pablon (Coordenada 1285689N, 1104329E)

Sierra desnuda (Dsd): Prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados. Su origen es relacionado a procesos de erosión acentuada en sustratos rocosos ígneos y metamórficos. (SGC, 2015).

Esta geoforma se encuentra en las veredas Bremen, Churricas, Honduras La Estación, Vega Carreño, Samán, El Aburrido, San Isidro y Los Cocos del municipio de Rionegro, en las veredas El Aburrido, San Pedro Alto, San Pedro Bajo, La Esmeralda, Vijagual, San Cayetano, Santa Rita, Angelinos, Los Santos, 10 de Mayo Santa Bárbara, Retiro Grande parte baja, Retiro Grande, Gualilo Alto, Gualilo Bajo, San José, Retiro Chiquito, La Malaña y Monserrate del municipio de Bucaramanga, en las veredas Monte Chiquito, Caragua, Babilonia, Arnania, Pirigua, Guarumales, Vegas, El Quemado y Palmar (Figura 41) del municipio de Tona.



Figura 41. *Sierra Denudada*

Localizada en el municipio Tona, Vereda Palmar (Coordenadas 1289256 N; 1124925 E).

8.1.2 Subunidades de Origen Estructural

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.

Cuesta (Sc): Sierra asimétrica elongada y amplia de morfología colinada a alomada definida por el basculamiento suave entre 10° a 25° de las capas o estratos de unidades resistentes y blandas. Su origen se debe a la incisión o fallamiento perpendicular al buzamiento de los estratos sedimentarios suavemente plegados o basculados.

Esta geoforma se encuentra en las veredas Centenario, Chingua, Montevideo, Conchal y El Líbano del municipio de Lebrija. (Figura 42).

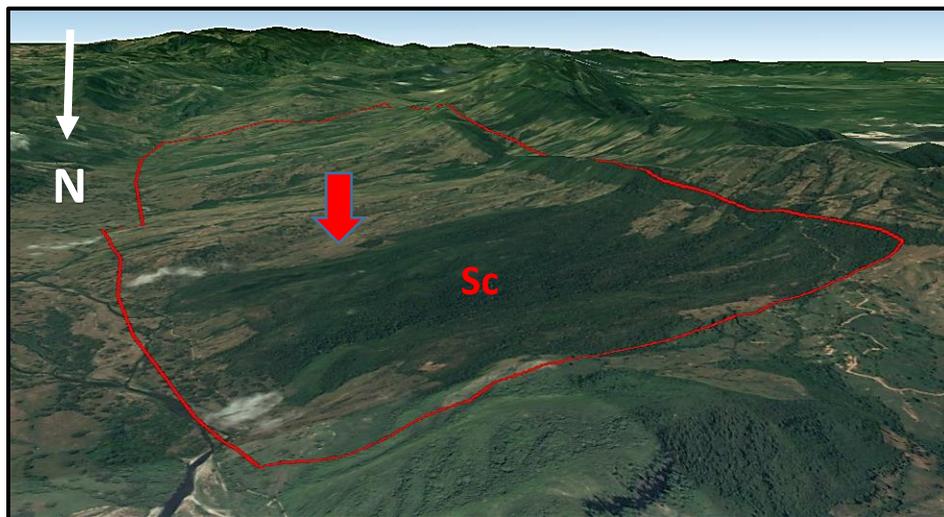


Figura 42. Cuesta.

Nota: Localizada en la Subcuenca sector de Lebrija Medio (Coordenadas 1294330N, 1086821E).

Adaptada de Google Earth.

Escarpe de línea de falla (Slfe): Plano vertical a subvertical corto a muy corto, cóncavo a convexo de pendiente abrupta. Su origen se relaciona a las superficies definidas por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas afectadas por procesos de erosión acentuada.

Esta geofoma se encuentra en las veredas San Pablo, San Juan, Vega Carreño, San Jorge y Alto de Paja del municipio de Rionegro y en la vereda Bocas (Figura 43) del municipio de Girón.

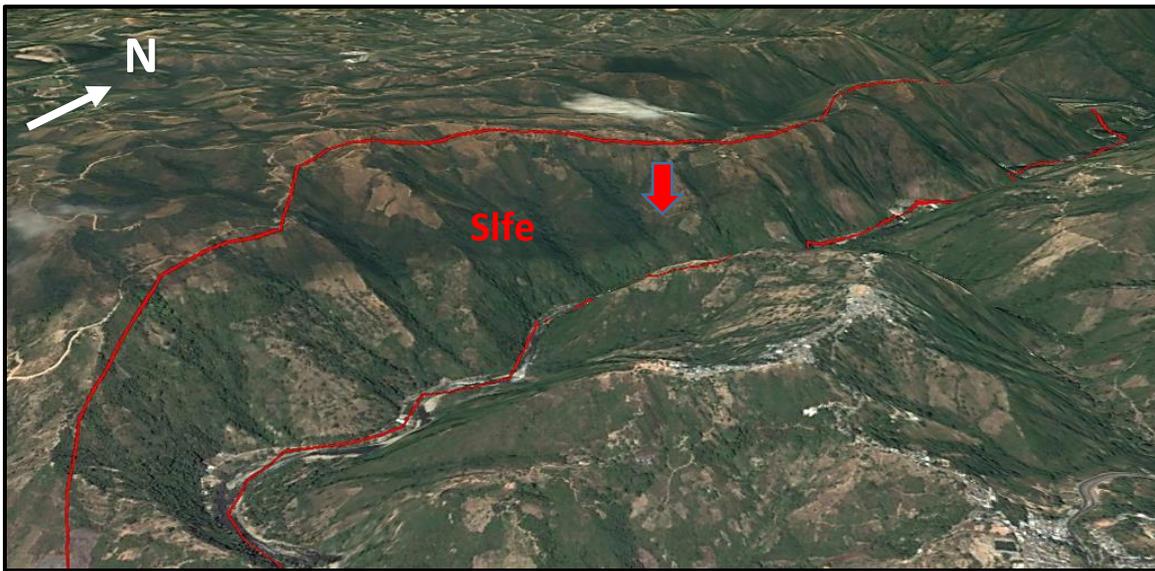


Figura 43. *Escarpe de Línea de Falla.*

Localizada en el municipio Girón, vereda Bocas (Coordenadas 1287528N, 1101897E). Adaptado de Google Earth.

Espolón faceteado (Sefc): Saliente que en conjunto conforma sierras colinadas con pendiente inclinada a abrupta. Su origen se relaciona al fallamiento que genera truncamiento a

manera de facetas triangulares y a procesos de erosión diferencial en unidades de distinta resistencia.

Esta geoforma se encuentra en las veredas Ciaga, Cuchilla, Tanque, San Isidro, Palmar, Venadillo, San Francisco, Jaboncillo y Magueyes del municipio de Matanza, en las veredas Magueyes, Capilla Parte Alta, Capilla Parte Baja, Santa Rita, Los Santos, Retiro Grande Parte Baja, Bolarqui Alto, Bolarqui Parte Baja y Cuchilla Alta del municipio de Bucaramanga, en las veredas Lavadores, Pericos, La Aguada, Puerto Pirita, La Playa, Pico y Palma y el Carbonal del municipio de Charta y en las veredas Pitones, Pirigua y Ucata del municipio de Tona (Figura 44).



Figura 44. *Espolón Faceteado.*

Nota: Localizada en el municipio Tona (Coordenadas 1284435N, 1123697E). Adaptado de Google Earth

Gancho de flexión (Sgf): Espolón estructural de morfología alomada, con una geometría en planta en forma de gancho. Su origen se relaciona al efecto combinado generado por el desplazamiento lateral a lo largo de una falla de rumbo y su posterior incisión erosiva.

Esta geoforma se puede evidenciar en las veredas Rosa Blanca, Capilla Parte Alta y Capilla Parte Baja del municipio de Bucaramanga (Figura 45).



Figura 45. *Gancho de Flexión.*

Nota: Localizada en la Subcuenca Surata Bajo (Coordenadas 1284319N, 1108724E). Adaptado de Google Earth.

Ladera contrapendiente (Slcp): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con

pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros).

Esta geoforma se encuentra en las veredas Samán y El Aburrido (Figura 46) del municipio de Rionegro.



Figura 46. *Ladera de Contrapendiente*

Nota: Localizada en la Subcuenca El Aburrido (Coordenada 1293426N, 1104825E). Adaptado de Google Earth.

Ladera de contrapendiente sierra sinclinal (Ssslc): Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una estructura sinclinal.

Esta geofoma se encuentra en la vereda Chingua y El Tesoro del Municipio de Lebrija, Subcuenca Lebrija Medio (Figura 47).

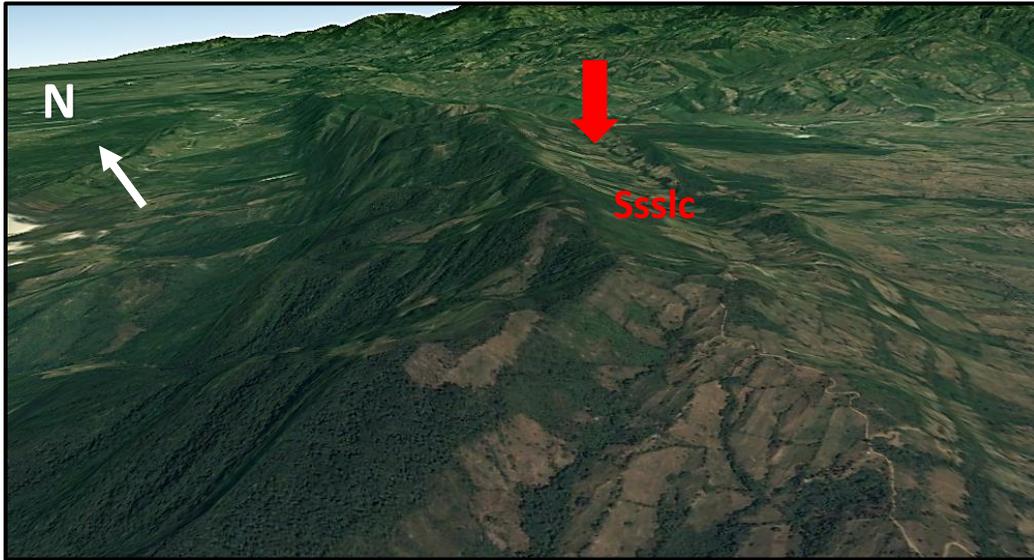


Figura 47. *Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal*

Nota: Localizada en la Subcuenca sector de Lebrija Medio (Coordenadas 1287534N, 1085156E).

Adaptada de Google Earth.

Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle): Superficie definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas, relacionada al flanco de una estructura sinclinal.

Esta geofoma se puede evidenciar en las veredas Conchal, La Cutiga y Floresta del municipio de Lebrija (Figura 48).

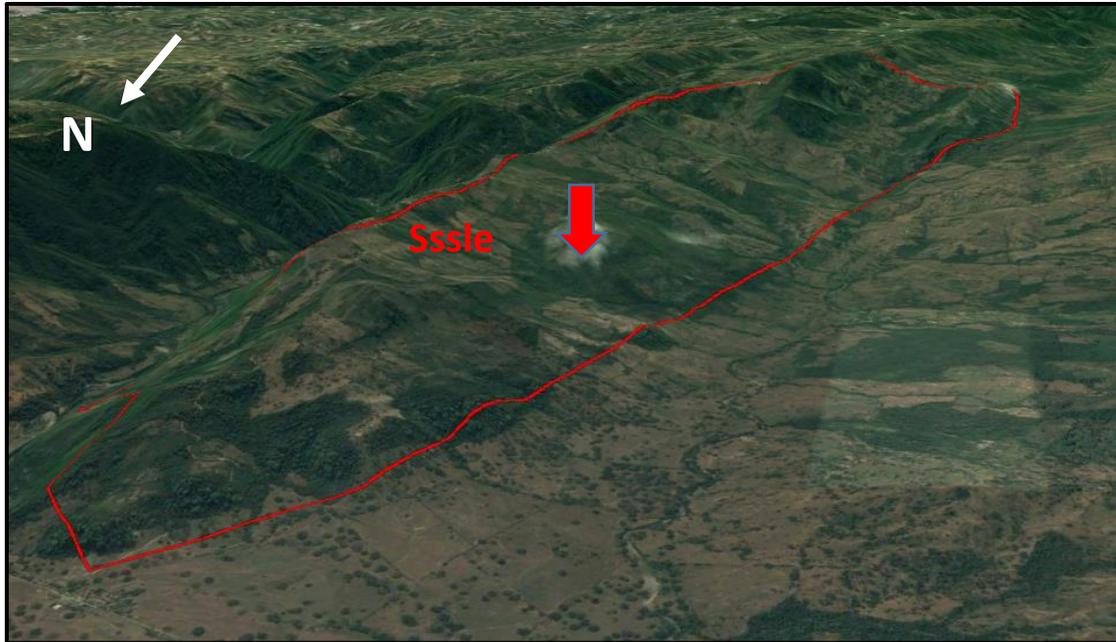


Figura 48. *Ladera Estructural de Sierra Sinclinal*

Localizada en la vereda Conchal, La Cutiga y Floresta del municipio de Lebrija (Coordenadas 1293323N, 1089516E). Adaptada de editada de Google Earth.

Lomo de obturación (Slo): Prominencia topográfica de morfología alomada que ha sido desplazada lateralmente por fallamiento de rumbo y ocasiona un bloqueo parcial o total de una corriente de agua.

Esta geoforma se observa en la vereda San Ignacio del municipio de Rionegro, en las veredas San Ignacio (Figura 49), La Sabana, Vijagual y El Pablon del municipio de Bucaramanga y en las veredas Ciaga, Tanque y Guamal del municipio de Matanza.



Figura 49. *Lomo de Obturación.*

Localizada en la Subcuenca el Aburrido, en las veredas San Ignacio del municipio de Rionegro y en las veredas San Ignacio y La Sabana del municipio de Bucaramanga (Coordenadas 1287906N, 1103179E). Adaptada de Google Earth.

8.1.3 Subunidades de Origen Fluvial

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

Cauce aluvial (Fca): Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Los cauces rectos se restringen a valles estrechos en forma de V, generalmente relacionados al control estructural de fallas o diaclasas. Estos cauces cuando recorren grandes distancias pueden formar lagunas y rápidos. Cuando las corrientes fluyen en zonas semiplanas a planas (llanura aluvial), los cauces son de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo. Dependiendo la cantidad de carga de sedimentos, la pendiente y caudal pueden llegar a formar sistemas anastomosados, trenzados, divergentes y otras unidades asociadas.

Esta geofoma se puede evidenciar por el paso de los principales ríos (Lebrija, Rio negro, Rio de Oro, Charta, Tona (Figura 50) y Suratá) presentes en el área de estudio.

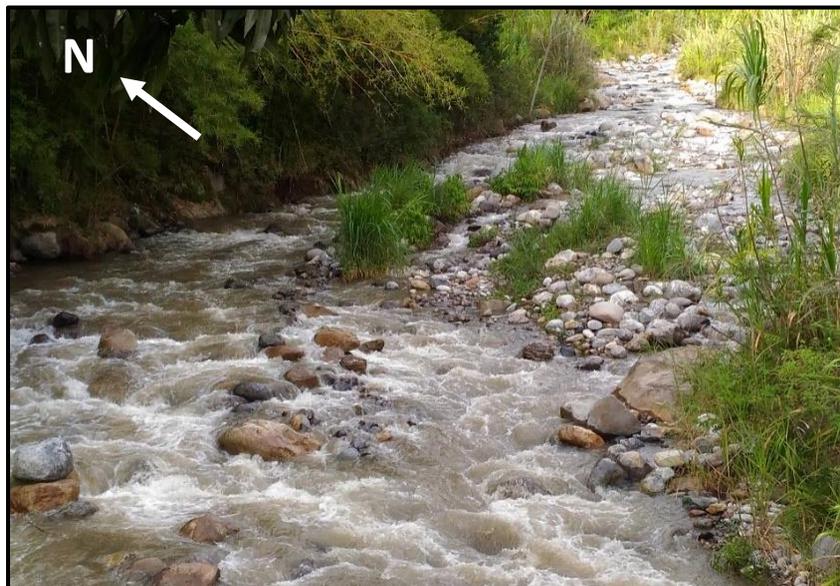


Figura 50. *Cauce Aluvial*

Nota: Cauce del Rio Tona

Plano o llanura de inundación (Fpi): Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” o “V”, al igual que a los conos coluviales menores de los flancos de los valles intramontanos. En regiones montañosas, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal, en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas. Su depósito está constituido por sedimentos finos, originados durante eventos de inundación fluvial. (SGC, 2015).

Esta geoforma se encuentra en las veredas Vanegas, Montevideo y Conchal (Figura 51) del municipio de Lebrija.



Figura 51. *Llanura de Inundación*

Localizada en el municipio Lebrija, vereda Conchal (Coordenadas 1296171 N; 1.091.044 E)

Terraza de acumulación sub-reciente (Ftas): Superficie plana a suavemente inclinada, remanente de terrazas sub-recientes de morfología ondulada, disectadas, localmente basculadas, con inclinaciones entre 3° a 5°, aunque algunos sectores pueden alcanzar los 10° donde se presenta limitada por escarpes de 5 a 20 m. Su origen es relacionado a la ampliación del valle de un río, al ganar importancia la erosión en sus márgenes. La superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que define la terraza. Pueden estar cubiertas por suelos arcillosos fluviales. Su depósito está constituido por arenas, arcillas e intercalaciones locales de grava fina. (SGC, 2015).

Esta geoforma se puede evidenciar en la unión de las Subcuencas: Lebrija Medio, Honda, Angula, Las Lajas, El Aburrido, al centro de la Subcuenca Suratá Bajo desde la unión de los Ríos Suratá y Charta y en la parte central de la Subcuenca Tona (Figura 52)



Figura 52. *Terraza de Acumulación Subreciente*

Localizada en el municipio Tona, vereda Tembladal (Coordenadas 1289106 N; 1124200 E)

Terraza de acumulación antigua (Ftan): Superficie alomada en forma de abanico de extensión kilométrica, laderas moderadamente largas, cóncavas a convexas. Se caracterizan por presentar pendientes de 5° a 10° en las partes altas, limitadas por escarpes de disección en forma de “V” que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20°. De manera general, se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre unidades antiguas. Su origen es relacionado a la disección y tectonismo de abanicos y planicies aluviales antiguas. Su depósito está constituido por gravas, arenas y arcillas. (SGC, 2015).

Esta geoforma se encuentra en las veredas El Aburrido, San Pedro Bajo, San Pedro Alto, y La Esmeraldas de la Ciudad de Bucaramanga, en las veredas Palmar, Pitones, Vegas, Arnanía, Babilonia, Monte Chiquito, Monserrate, Alizal (Figura 53) y Caragua del municipio de Tona.

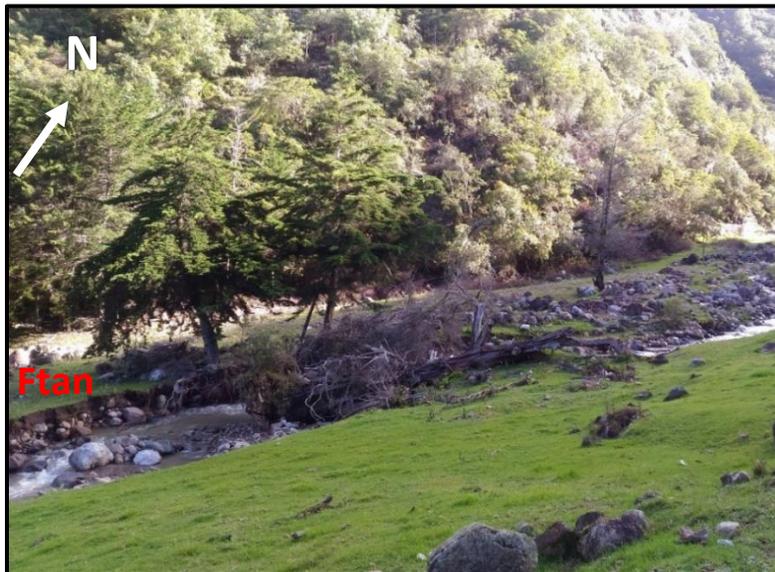


Figura 53. *Terraza de Acumulación Antigua*

Nota: Localizada en el municipio Tona, vereda Alizal (Coordenadas 1289554 N; 1124501 E)

8.1.4 Subunidades de Origen Glacial Y Periglacial

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados a la erosión intensa ocasionada por el movimiento de las masas de hielo en zonas de alta montaña durante épocas glaciales o en la actualidad. Estos eventos modelaron el sustrato rocoso preexistente, generando grandes cantidades de sedimento que fueron trasportados o acumulados en las laderas adyacentes.

Circo glacial y de nivación (Gc): Paredes cóncavas semicirculares de longitudes cortas, escarpadas de concavidades o depresiones someras formadas por socavación debida a la acción erosiva de escarcha o nieve en zonas de influencia glacial y periglacial respectivamente. Mientras los primeros se forman o se formaron por retro excavación rotacional de la masa de hielo, los segundos se originan por procesos de congelamiento y deshielo de la masa rocosa que produce depresiones por despegue y extracción de partículas (plucking), acumuladas luego ladera abajo por procesos de gelifracción. Se encuentran en la parte alta de las paredes de valles glaciales, y asociados con valles colgantes menores.

Esta geoforma se puede observar en las veredas Alizal, Tembladal (Figura 54), Pitones y Palmar del municipio de Tona.

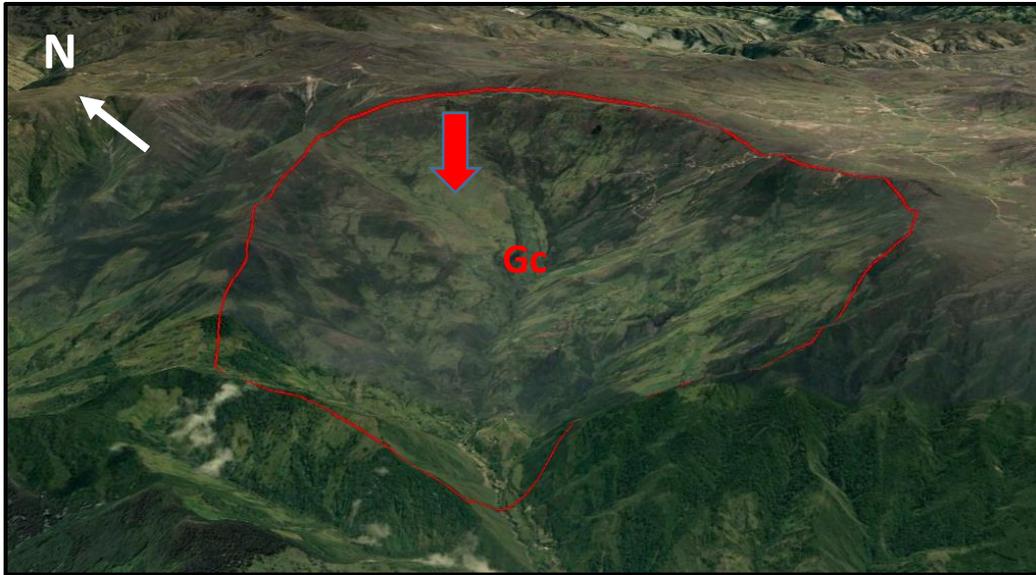


Figura 54. *Circo glacial y de nivación*

Nota: Localizada en la Subcuenca Tona en las veredas Alizal y Tembladal de municipio de Tona.

(Coordenadas 1291387N, 1127840E). Adaptada de Google Earth.

Espolón estructural glaciado (Gee): Salientes simétricas agudas de morfología alomada y laderas cortas, de formas rectas y muy inclinadas a abruptas, formadas por planchas estructurales que limitan valles en forma de "U", cuyo origen obedece a procesos erosivos glaciales. Hacia la parte alta localmente se presentan aristas y circos glaciales.

Esta geoforma se encuentra en las veredas Ucata (Figura 55), Tembladal y Alizal del municipio de Tona.

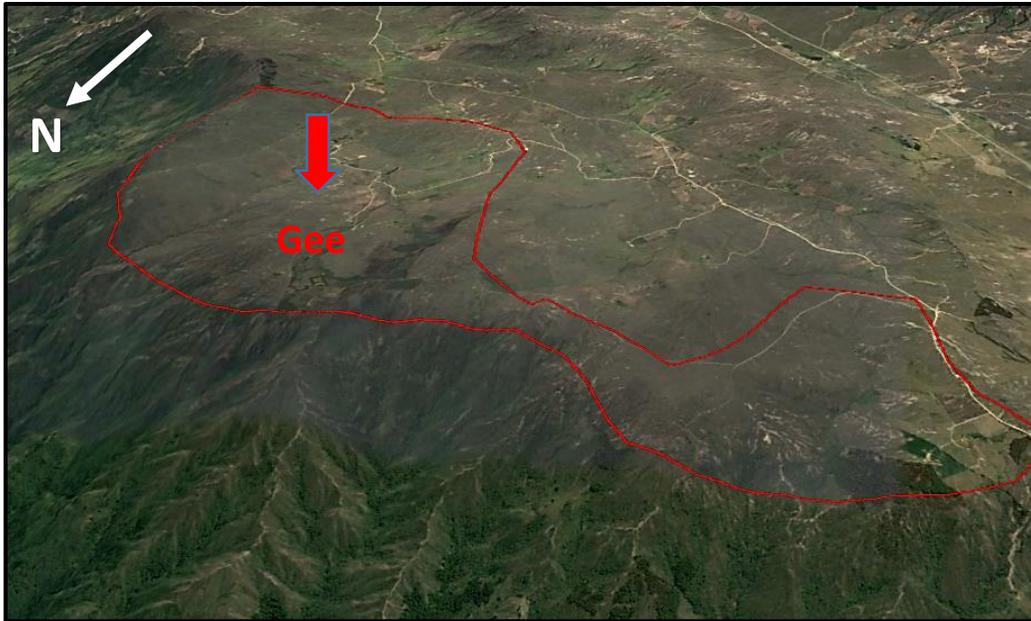


Figura 55. *Espolón Estructural Glaciado*

Nota: Localizada en la Subcuenca Tona en las veredas Ucata del municipio de Tona (Coordenadas 1285456N, 1132274E). Adaptada de Google Earth.

Ladera estructural sierra sinclinal glaciada (Gssle): Superficie definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas, relacionada al flanco de una estructura sinclinal que ha sido afectada por procesos de glaciación.

Esta geofoma se puede evidenciar en las veredas Ucata y Guarumales (Figura 56) del municipio de Tona.

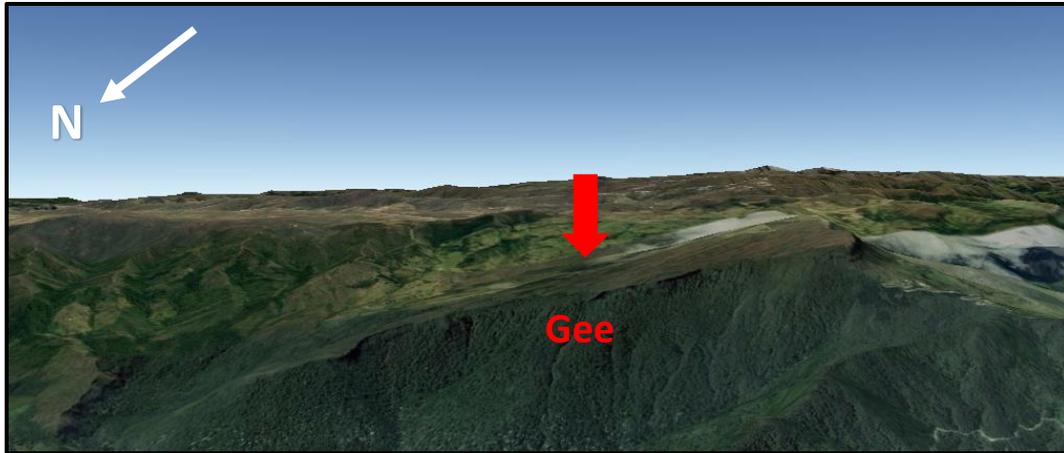


Figura 56. *Ladera estructural sierra sinclinal glaciada*

Nota: Localizada en la Subcuenca Tona en las veredas Ucata y Guarumales del municipio de Tona (Coordenadas 1279058N, 1121984E). Adaptado de Google Earth.

8.2 Inventario de fenómenos de remoción en masa presentes en la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija.

“El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991)” en GEMMA (2007).

“Los fenómenos de remoción en masa o movimientos en masa son uno de los eventos naturales que producen cada vez más desastres, ocasionando un sinnúmero de daños a la población” (SGC, 2015).

La zona de estudio se encuentra en un área en donde las condiciones del terreno, los procesos tectónicos, los procesos físicos naturales y los procesos antrópicos son influyentes para

el posible desarrollo de dichos fenómenos, por tanto es importante identificar y tener un registro actualizado de los mismos para poder conocer y evitar el peligro.

Este capítulo abarca la recopilación de información para el inventario de remoción en masa de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija, en donde se tuvo en cuenta el reporte de registro de inventarios encontrados por el SIMMA para los municipios que abarca la zona de estudio, aunque principalmente se toma la información recopilada en el reconocimiento en campo; Esta información se plasmó en el mapa definido como fenómenos de remoción en masa. (Figura 57) (Apéndice X).

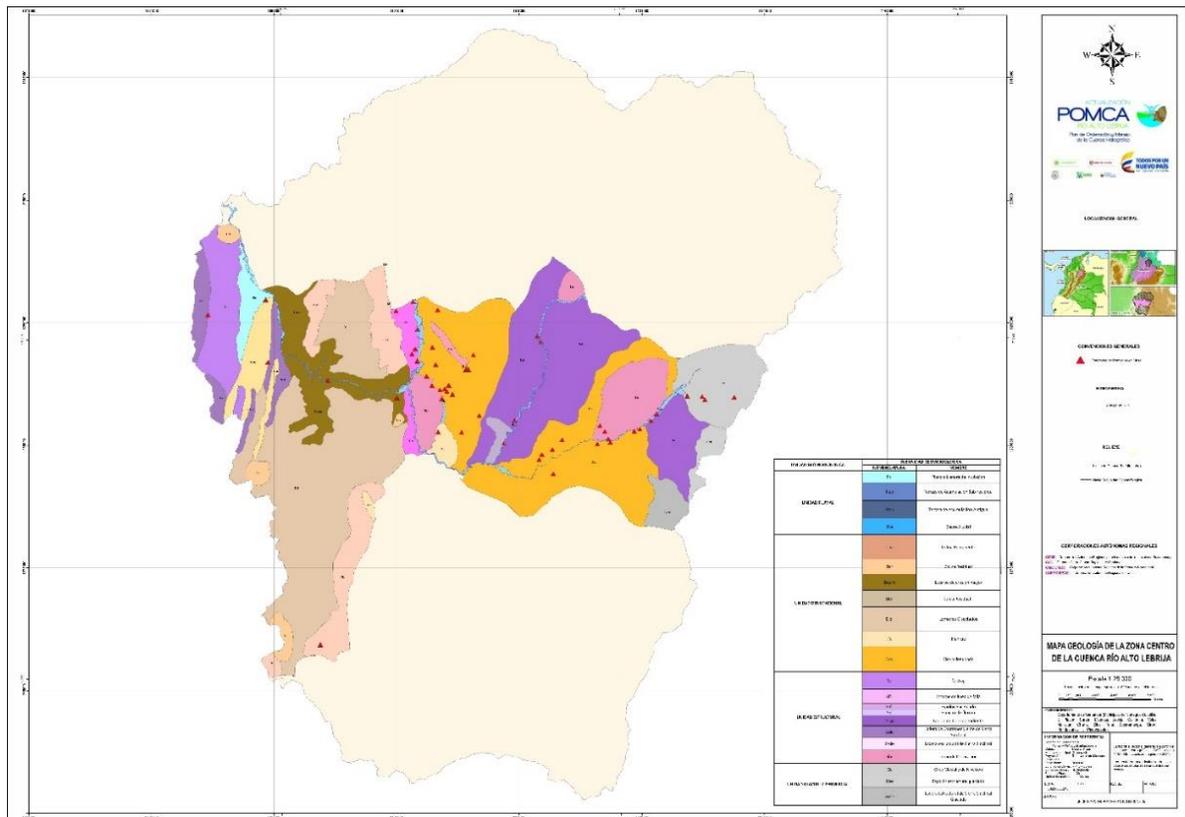


Figura 57. Imagen de Mapa de Fenómenos de Remoción en Masa de la Zona Centro de la Cuenca Río Alto Lebrija.

Nota: Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

A continuación se describen algunos tipos de deslizamientos presentes en el área de estudio (caída de bloque, caída de detritos, deslizamientos traslacional, flujos secos y flujo de detritos. (Figura 58 - 62).

Caída

“La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo” en GEMMA (2007).



Figura 58. *Caída de Bloques*

Nota: Localizada en la vereda Rosa Blanca del municipio de Bucaramanga (1285192N, 1109552E). Se presenta deslizamiento de bloques de la unidad Ortoneis de aproximadamente 10 – 30 cm.



Figura 59. *Caída de detritos*

Nota: Localizada en la vereda Monserrate en el municipio de Bucaramanga (Coordenadas 1282699N, 1110426E) Caída de detritos de la unidad Neis de Bucaramanga.

Deslizamiento

“Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma en traslacionales y rotacionales” en GEMMA (2007).



Figura 60. Deslizamiento Traslacional

Nota: Localizado en la vereda Tanque del municipio de Matanza (1296715N, 1115200E). Se observa deslizamiento a margen izquierdo aguas debajo de rio surata.

Flujo

“Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco” en GEMMA (2007).



Figura 61. *Deslizamiento - Flujo Seco*

Nota: Localizado en el municipio de Tona, vereda Pitones (Coordenadas 1289013N, 1124457E).

Se observa sobre la vía que conduce de Tona a Berlín. Movimiento tipo flujo seco.



Figura 62. *Deslizamiento - flujo de detritos*

Localizada en el municipio de Tona, sobre la vía que conduce de la represa de Tona a la cabecera municipal (Coordenadas 1286524N, 1117313E). Deslizamiento con flujo de detritos de alta importancia controlado por muros de cemento para evitar futuros daños.

9. Unidades Geológicas Superficiales de la de la Zona Centro de la Cuenca del Río Alto

Lebrija

Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) corresponden a un conjunto de materiales que incluyen suelos y rocas cuyas propiedades se conservan por debajo de la superficie hasta algunas decenas de metros. Las UGS se utilizan como herramienta para evaluar el comportamiento mecánico de los terrenos ante diferentes usos, como desarrollo de obras de infraestructura, desarrollos mineros y demás usos definidos en los planes de ordenamiento territorial. (CDMB, 2010).

Para la identificación y caracterización de suelos y rocas presentes en el área de estudio, se usó la guía generalizada de campo UGS (Ibáñez y Castro – SGC 2015), en donde se describen los términos y parámetros (clase de afloramiento, perfil de meteorización o del suelo, tamaño de grano, dureza, fabrica, rasgos de esfuerzos, condición de las discontinuidades o superficies, humedad, estructura, consistencia, densidad relativa, entre otros) que se deben tener en cuenta para el reconocimiento en campo, y que para su practicidad y toma de datos en campo se encuentran esquematizados en formatos.

En base a la información recolectada en campo, las unidades del mapa de “Unidades Geológicas Superficiales (UGS)” (Figura 63) (Apéndice W), se clasifica como Roca Dura (RD), Roca Intermedia (RI), Roca Blanda (RB), Suelo Residual (SR) y Suelo Transportado (ST). Teniendo en la variabilidad litológica (roca sedimentaria, ígneas y metamórficas), grado de meteorización, grado de fracturamiento o discontinuidades y morfología.

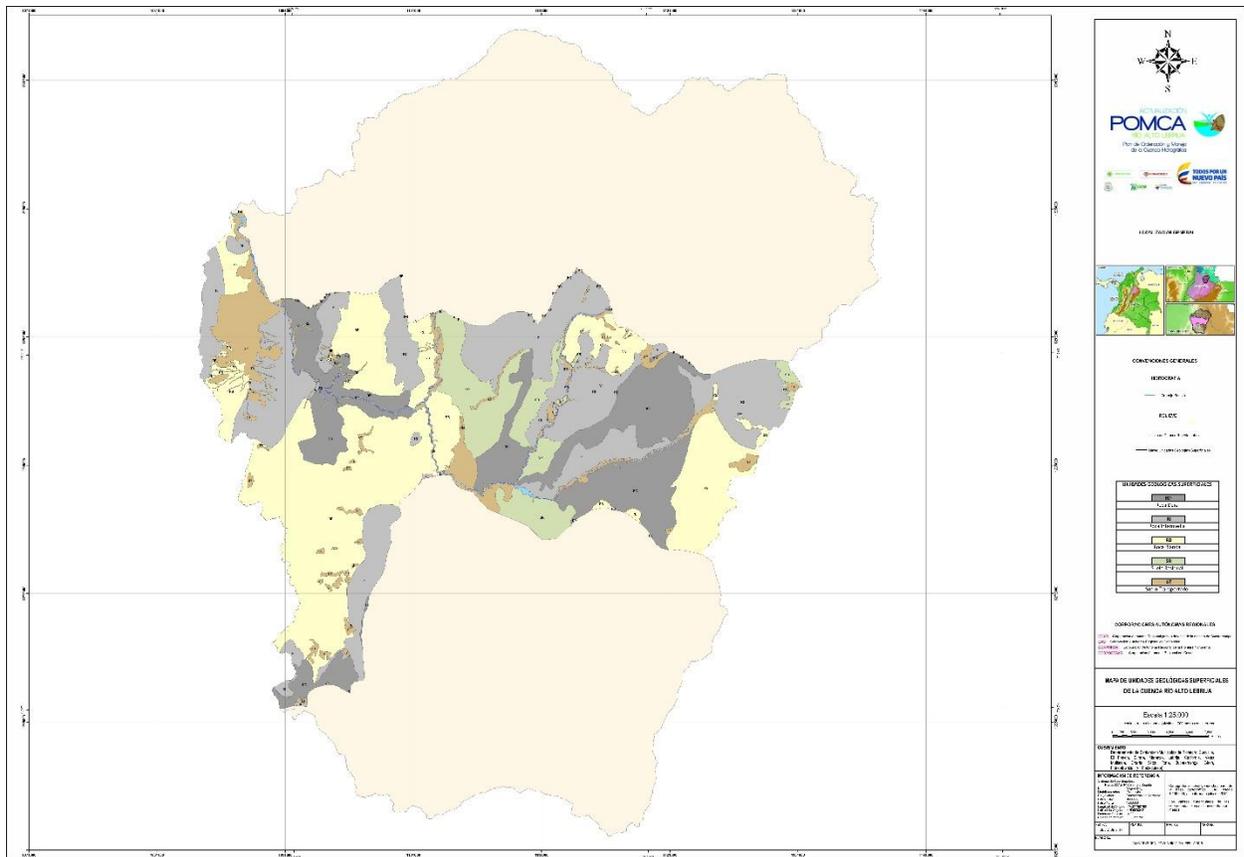


Figura 63. Imagen del Mapa UGS - Zona Centro

Adaptad de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015

9.1 Unidad de Roca Dura

Comprende los macizos rocosos en los que el material se encuentra como roca fresca a débilmente descompuesta o meteorizada, es decir grado I y II del perfil de meteorización de Dearman (1974).

Por lo general el relieve característico de esta unidad superficial es de áreas escarpadas o laderas de alta pendiente, resistentes a la erosión y meteorización. INGEOMINAS (2005).

Dentro de esta clasificación se tienen rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas. Las rocas duras hacen parte del Neis de Bucaramanga (pDb), Formación Silgará (pDs), Ortoneis, Cuarzomonzonita de La Corcova (JRcl), Cuarzomonzonita Granito y pórfido cuarzoso (JRcg) y la Formación Girón (Jg).

Estas unidades de rocas fueron encontradas a lo largo de la vía que conduce del Corregimiento de Bocas - municipio de Girón hacia la vereda el Conchal – municipio de Lebrija y sobre el margen derecho de la vía que conduce Tona (Figura 64).



Figura 64. *Roca Dura*

Nota: Formación Ortoneis, vereda Vegas, Municipio de Tona (Coordenadas: 1285098N, 1119114E, 1496 m.s.n.m.)

9.2 Unidad de Roca Intermedia

Esta clasificación corresponde a rocas de dureza media, moderadamente descompuesta o meteorizada, es decir grado III del perfil de meteorización de Dearman (1974).

En estas unidades, la resistencia a la acción de los agentes erosivos y meteorizantes se reduce considerablemente, incrementándose la cantidad de diaclasas, la porosidad y la susceptibilidad a procesos denudativos. INGEOMINAS (2005).

La Unidad Geológica Superficial de rocas intermedias está representada principalmente por rocas sedimentarias como las Formaciones Bocas (Jb), Girón (Jg), Tambor (Kita), Rosablanca Kir, Paja (Kip), Tablazo (Kit), Simití (Kis), La Luna (Ksl), Lisama (Tpl), La Paz (Tel). Seguido de rocas metamórficas Formación Silgará (pDs) y Neis de Bucaramanga (pDb) y rocas ígneas Cuarzomonzonita de La Corcova (JRcl).

Esta unidad predomina principalmente en las subcuencas Tona, Surata Bajo, Negro Bajo y en el Sector de Lebrija medio (Figura 65).



Figura 65. *Roca Intermedia*

Nota: Formación Rosablanca, vereda La Cutiga, Municipio de Lebrija. (Coordenadas: 1294257N, 1090829E, 725 m.s.n.m.)

9.3 Unidad de Roca Blanda

Las rocas blandas son de naturaleza blanda a muy blanda, alta a completamente descompuesta, es decir grado IV y V del perfil de meteorización de Dearman (1974) en

Hace parte de esta clasificación las rocas sedimentarias de la Formación Floresta, Formación Bocas, Formación Jordán (Jj), Formación Girón (Jg), Formación Tambor (Kita), Formación Rosablanca (Kir), Formación Umir (Ksu).

Esta unidad se encuentra aflorando principalmente en el municipio de Lebrija (Figura 66).



Figura 66. *Roca Blanda*

Nota: Formación Girón, vereda La Aguada, Municipio de Lebrija. (Coordenadas: 1285891N, 1101069E, 1008 m.s.n.m.)

9.4 Unidad de Suelo Residual

Se definen como suelos aquellos materiales sueltos o inconsolidados, compuestos de una mezcla de materia orgánica, fragmentos de roca, arcilla y minerales, producto de la descomposición *In situ* del material rocoso (Ibáñez y Castro – SGC 2015). Esta unidad ya no presentan o aparecen características físicas, su comportamiento depende del tipo de roca del que provienen y de los procesos geológicos a los que haya sido sometido. Esta unidad comprende Horizontes A, B, C. (INGEOMINAS, 2005)

Esta unidad está representada por las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas entre las cuales se encuentra Cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso (JRcg), Tonalita y Granodiorita (JRtgd), Granodiorita, Ortoneis (pDo), y Neis de Bucaramanga (pDb).

Se puede evidenciar principalmente esta unidad al lado Orienta del trazo de la Falla Bucaramanga – Santa Marta, en las subcuencas Negro Bajo, El Aburrido, Surata Bajo y Tona. (Figura 67).



Figura 67. *Suelo Residual.*

Nota: Vereda Bolarqui Parte Baja, Municipio de Bucaramanga. (Coordenadas: 1284339N, 1109699E, 864 m.s.n.m.)

9.5 Unidad de Suelos Transportados

Se definen como suelos aquellos materiales sueltos o inconsolidados, compuestos de una mezcla de materia orgánica, fragmentos de roca, arcilla y minerales, producto de la descomposición del material rocoso que ha sido transportado por diferentes medios o agentes (agua, hielo, gravedad, viento) (Ibáñez y Castro – SGC 2015).

Dentro de esta unidad se definen todos los depósitos cuaternarios, los cuales dentro del área de estudio se encuentran planos o llanuras de inundación, Terraza de acumulación antigua, Terraza de acumulación subreciente, coluviones (Figura 68) y aluviones.



Figura 68. *Suelos Transportados. Coluvión*

Nota: Localizada en el municipio de Matanza (Coordenadas: 1296926N, 1116391E, 566 m.s.n.m.)

10. Actividades Complementarias - Componente Participación Comunitaria Y

Comunicaciones de la Cuenca Hidrográfica Alto Lebrija

Brindar apoyo en el proceso de socialización a la comunidad, sobre la importancia del adecuado manejo de las fuentes hídricas que afectan la zona Centro de la Cuenca del Río Alto Lebrija, es trascendental, ya que “el agua dulce es un recurso finito, vital para el ser humano y esencial para el desarrollo social y económico” en GREENPEACE (2010).

Del total de agua existente en el planeta, el 97,5% del es agua salada, mientras que solo el 2,5% restante es agua dulce, del porcentaje total de agua dulce casi el 79% se encuentra en forma de hielo permanente en los casquetes polares y glaciares (no disponible para su uso), del agua dulce en estado líquido, se encuentra en lagos, ríos, quebradas, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la escorrentía o la infiltración. Estos recursos hídricos utilizables representan, en total, menos del 1 por ciento del agua dulce existente en el planeta en PNUMA (2003).

Los muchos desafíos del agua potable se agrupan en dos problemas básicos: disminución del agua disponible y pérdida de su calidad (contaminación). La disminución de reservas ocurre por el impacto de la deforestación, la expansión urbana y la extracción excesiva (impulsada por el crecimiento poblacional y la demanda agrícola e industrial). La pérdida de calidad se origina en la falta de tratamientos de aguas residuales, el uso excesivo de abonos y plaguicidas, y la contaminación por usos industriales, mineros y energéticos. También influyen la subvaloración e

ignorancia de la necesidad de mantener “caudales ecológicos” (es decir, el agua necesaria para otras funciones vitales de los ecosistemas naturales) en PNUMA (2003).

Sabiendo que una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que a su vez, puede desembocar en un río principal y la cual también presenta interacciones, entre el subsistema biofísico (el suelo, el agua, la biodiversidad y el aire), así como en lo económico, social y cultural y con características específicas de clima, suelo, bosques, red hidrográfica, usos de suelo, componentes geológicos, etc. en MinAmbiente (2014). Es fundamental que la comunidad en general y los diferentes actores sociales (organizaciones comunitarias, juntas vecinales, emprendedores, propietarios de bienes raíces, entre otros.), que confluyen en la cuenca hidrográfica Alto Lebrija, tengan conocimiento sobre la importancia de las cuencas hidrográficas y participen activamente en el proceso de Ordenación alimentando (identificando áreas críticas, problemas y conflictos) y construyendo el diagnóstico de la misma.

Por esta razón “la estrategia de participación del POMCA constituirá los canales de comunicación e información, las acciones de formación ciudadana y la inclusión representativa de todos los actores que conformarán los Consejos de Cuenca; quienes deberán trabajar con un espíritu de cooperación y apoyo a las Autoridades Ambientales, en función de las diferentes fases del plan y en procura del uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales existentes” en MinAmbiente (2014).

Así pues, para cumplimiento de la estrategia de participación del POMCA Rio Alto Lebrija, el equipo social junto a las auxiliares de apoyo y logística, realizaron visitas a los municipios y veredas desarrollando actividades de tipo informativas y espacios de participación; comunicando, orientando y motivando a la comunidad en general para la identificación e inclusión de actores susceptibles a participar del consejo de cuenca. Posteriormente, se realizaron actividades complementarias de capacitación (orientación e información) sobre las funciones e importancia del consejo de cuenca y los pasos a seguir para conformar parte de este organismo y finalmente se realizó la inscripción, jornada de elección (el día 11 de Enero de 2017) e instalación del consejo de cuenca (el día 17 de Abril de 2017), para así dar pasó a las sesiones del consejo (Figura 69).



Figura 69. *Actividades Complementarias - Participación Comunitaria Y Comunicaciones de la Cuenca Hidrográfica Alto Lebrija – Integrantes Concejo de Cuenca.*

Adaptado de Unión Temporal POMCA Rio Alto Lebrija 2015.

11. Observaciones y Sugerencias

– La Actualización del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Alto Lebrija: Componentes Geológicos y Geomorfológicos para la Caracterización de la Zona Centro de la Cuenca Hidrográfica. Es un producto del componente Físico-biótico de la fase de Diagnóstico del POMCA Río Alto Lebrija, el cual se encuentra en revisión de la Interventoría del Consorcio POMCAS 2014, sujeto a correcciones y modificaciones

– En el desarrollo de la fase de Diagnóstico, se presentaron algunos imprevistos con las actividades requeridas para su cumplimiento, debido a inconvenientes contractuales relacionados con el Profesional (Geólogo) Experto e idóneo, encargado de la elaboración de los productos establecidos en los Alcances Técnicos del Fondo de Adaptación 2014. A pesar de lo anterior, los objetivos de la práctica empresarial se cumplieron a cabalidad, gracias a la reprogramación de las actividades y reestructuración del equipo de Geología.

– Se generaron retrasos en el cumplimiento del cronograma de actividades propuesto inicialmente durante el trabajo en campo, debido a dificultades de orden social en los municipios de California, Vetás, Suratá y Tona, por falta de colaboración e interés de la comunidad, a razón de malas experiencias con proyectos anteriores desarrollados en la zona y divulgación de información transgredida por terceros sobre los objetivos del POMCA.

– Teniendo en cuenta que la consultoría realizaba además, simultáneamente los POMCAS Río Cáchira Sur y Río Lebrija Medio, se hizo necesaria una pausa en el desarrollo del

POMCA Río Alto Lebrija, para brindar apoyo en el trabajo de campo de los proyectos Cáchira Sur y Lebrija Medio.

– Se sugiere el dominio en la herramienta SIG ArcGIS por parte de estudiantes candidatos a prácticas empresariales, como competencia profesional para el caso del desarrollo de proyectos enfocados al uso y manejo sostenible de recursos naturales, que requieren de conocimiento de Geología Básica , Ambiental e Hidrogeología

12. Referencias Bibliográficas

Asociación de Asesores Socioeconómicos del Sector Solidario (ASOEC). (1999) Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Rionegro. Capítulo 05. Dimensión Física. [PDF]

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2017). Listado actualizado de la Licencias Ambientales otorgadas para exploración y explotación minera. Base de Datos de la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. Expedido en Bucaramanga el 10 de mayo de 2017. (PDF).

Caballero, V., Parra, M. y Mora, A. (2010). Levantamiento de la cordillera oriental de Colombia durante el eoceno tardío oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de nuevo mundo, cuenca valle medio del magdalena. *Boletín de Geología. Volumen 32.* 43-77 [Digital].
<http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/1008/1495>

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2015). Ordenación de Cuencas. [Digital].
http://caracoli.cdmb.gov.co/web/index.php?option=com_content&view=article&id=182&Itemid=401

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2017).

Consejo de Cuencas. [Digital]. <http://www.cdm.gov.co/web/ciudadano/consejo-de-cuenca-pomcas>

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2017).

Áreas de Jurisdicción. [Digital]. <http://www.cdm.gov.co/web/asi-es-la-cdm/area-de-jurisdiccion>

Corporación Autónoma del Cauca. CRC. (2017). Planes de ordenación y manejo de cuencas

hidrográficas. [Digital]. <http://www.crc.gov.co/index.php/ambiental/planes-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas-hidrograficas>

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2008).

Plan de ordenamiento y manejo ambiental Subcuenca Alto Lebrija. [PDF]

Centro de estudios regionales (CER) Universidad Industrial de Santander. (2000). Plan de

Ordenamiento Territorial (POT) de San Juan de Girón 2000-2009. Capítulo 01: Componente Físico - Biótico. [PDF]

Coronado, W y Mejía, C. (2006) Cartografía geológica y caracterización estructural con fines hidrogeológicos en el sector Nororiental de la cuenca del Río de Oro (tesis de pregrado).

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. [PDF]

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2011).

Plan General Para El Control De La Erosión 2010 – 2035. Subdirección de Gestión Ambiental Urbana Sostenible Coordinación Gestión del Riesgo. [PDF]

Duque, G. (2016) Manual de Geología para Ingenieros. Universidad Nacional de Colombia. [PDF]

Fondo de Adaptación. (2014). Apéndice. Alcances Técnicos. Consultoría para el ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Alto Lebrija (2319-01), localizada en el Departamento de Santander en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB). [PDF].

Gradex Ingeniería S.A. (2002). Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial Microcuenca Río Tona (POAT). Capítulo 02: Caracterización. [PDF]

Gradex Ingeniería S.A. (2002). Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial Microcuenca Río Suratá Bajo (POAT). Capítulo 02: Caracterización Medio Biofísico. [PDF]

Gradex - Inpro. (2003). Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial de la Subcuenca Rionegro - Microcuenca Negro Bajo (POAT). Capítulo 02: Caracterización Medio Biofísico. [PDF]

GREENPEACE. (2010) Agua - Disponibilidad del recurso. [Digital].
<http://www.greenpeace.org/colombia/es/campanas/contaminacion/agua/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas. [PDF].

Ibáñez y Castro (2015). Guía generalizada de campo UGS. Servicio Geológico Colombiano SGC. [PDF]

Instituto Colombiano de Geología y minería INGEOMINAS actual Servicio Geológico Colombiano SGC (2005). Estudio de microzonificación sísmica de Santiago de Cali. En informe No 2-1, Investigaciones geológicas y geomorfológicas. [PDF]

Instituto Colombiano De Geología Y Minería INGEOMINAS (2007). Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa de Algunas Laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta. [PDF]

INGEOMINAS (2001). Mapa de Recursos Minerales de Colombia: Minerales metálicos, preciosos y energéticos. Instituto de Investigación e Información Geo científica, Minero-ambiental y Nuclear. Bogotá, Colombia. Recuperado de:
http://www.simec.gov.co/portals/0/Mapas/Mapa_Miner_Metal.pdf

Julivert, M., Barrero, D., Botero G., Duque H., Hoffstetter, R., Navas, J.,...Zamarreño de Julivert, I. (1968). Léxico Estratigráfico de Colombia: Primera parte. Centro Nacional de Investigación Científica. París, Francia. (PDF)

Martínez, J. (2008) Geología estructural y dinámica global. Universidad de Salamanca, Departamento de Geología. [PDF]

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MinAmbiente (2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. [PDF].

Ministerio de minas y energía - MINMINAS., Servicio Geológico Colombiano - SGC (2015). Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos por movimientos en masa a escala detallada. Bogotá D.C. [PDF]

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (2003). GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente. [PDF]

Royero J., Clavijo Jairo. (2001). Memoria Explicativa - Mapa Geológico Generalizado – Departamento de Santander – Escala 1: 400.000. Instituto Colombiano de Geología y minería actual Servicio Geológico Colombiano. [PDF]

Servicio Geológico Colombiano SGC (2015). Apéndice A “Glosario De Unidades Y Subunidades Geomorfológicas”. En: Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000. [PDF]

Servicio Nacional de Geología y Minería., Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA) (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Publicación Geológica Multinacional No. 4. Proyecto Multinacional Andino. [PDF]

Sistema de Información de Movimientos en Masa SIMMA – Consultas. Inventario. Servicio Geológico Colombiano. [PDF]

Secretaria de Ambiente. Plan de Manejo y Ordenación de una Cuenca POMCA. Alcaldía Mayor de Bogotá. [Digital]. <http://ambientebogota.gov.co/fi/pomca>

Ward D.E., Goldsmith R., Jimeno A., Cruz, J., Restrepo H., Gómez E. (1973) Mapa Geológico De Colombia, Cuadrángulo H-12 Bucaramanga Planchas 109 Rionegro - 120 Bucaramanga, Cuadrángulo H-13 Pamplona Planchas 110 Pamplona – 121 cerrito. Escala 1:100.000. [PDF]