Estudio de los componentes Geología y Geomorfología para la actualización del Plan de Ordenación y Manejo del Norte de la Cuenca hidrográfica del Río Alto Lebrija

Dayana Eslendy Jaimes Acevedo – 2110088

Silvia Johanna Mantilla Duarte – 2100277

Trabajo de grado modalidad práctica empresarial para optar el título de Geóloga

Director

Juan Diego Colegial Gutiérrez

Geólogo, PhD

Tutor

Ramiro Meneses González

Geólogo

Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físico-Químicas

Escuela De Geología

Bucaramanga

2017

Dedicatoria

A Dios *por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente durante todo el proceso de formación y permitirme culminarlo con éxito.*

A mi familia, especialmente a mis padres que son el motor que impulsa mis sueños, por su apoyo incondicional, esfuerzo y ejemplo de perseverancia.

A mis amores, Dominic Santiago y Julio Cesar, por ser una inspiración para superarme y por iluminarme con la paz de sus sonrisas.

A mis compañeros y colegas porque con cada uno disfruté un momento especial y vivencias inolvidables.

A todas las personas que de una u otra forma participaron en este proceso de formación personal y profesional.

Dayana Eslendy Jaimes Acevedo

Dedico a:

Mis padres:

Rosa María, maestra en mi infancia y ángel de luz en mis días;

Camilo, mi familia y ejemplo de vida.

Silvia Johanna Mantilla Duarte

Agradecimientos

Agradecemos a la empresa C.D.T del Agua, por la oportunidad de participar en este Proyecto y permitir el desarrollo de capacidades y habilidades conforme a las necesidades requeridas.

Agradecemos al Profesor Juan Diego Colegial Gutiérrez, por su acompañamiento total y asesoramiento como director durante la Práctica y ejecución de este proyecto.

Agradecemos a la Escuela de Geología, desde sus administrativos hasta sus docentes, quienes participaron de este proceso de formación personal y profesional.

Agradecemos al grupo de trabajo de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija, por su apoyo y contribución de información requerida para la elaboración de este proyecto.

Agradecemos a las comunidades de los municipios de Rionegro, El Playón, Vetas, California, Suratá, Matanza y Charta, por su calidad de servicio, compromiso y amabilidad durante las fases de campo realizadas en esta Práctica empresarial.

A mi compañera Silvia Mantilla por la dedicación y los conocimientos que contribuyeron al cumplimiento de este proyecto (Dayana Jaimes).

Agradezco a Dayana Jaimes, colega y compañera de proyecto, por su confianza y entrega durante este proceso (Silvia Mantilla).

Tabla de Contenido

Introducción 20

1 Objetivos 22

1.1 Objetivo General 22

1.2 Objetivos Específicos 22

2 Antecedentes y Contexto 23

3 Localización 29

4 Justificación 35

5 Metodología Aplicada 36

6 Marco Geológico Regional 40

6.1 Estratigrafía de la Cuenca Río Alto Lebrija 42

6.2 Geología estructural de la Cuenca Río Alto Lebrija 57

6.3 Geología Económica de la Cuenca Del Río Alto Lebrija 65

7 Geología Básica del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija 69

7.1 Unidades Litoestratigráficas 70

7.2 Estructuras 98

8 Geomorfología Del Norte De La Cuenca Del Río Alto Lebrija 105

8.1 Unidades y Subunidades Geomorfológicas 107

8.1.1 Unidad Denudacional 107

8.1.2 Unidad Estructural 113

8.1.3 Unidad Fluvial 122

8.1.4 Unidad Glacial y/o periglacial 126

8.2 Inventario de Procesos Morfodinámicos en el área de estudio 130

9 Unidades Geológicas Superficiales del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija 142

9.1 Unidad de Roca Dura (RD) 142

9.2 Unidad de Roca Intermedia (RI) 144

9.3 Unidad de Roca Blanda (RB) 146

9.4 Unidad de Suelo Residual (SR) 148

9.5 Unidad de Suelos Transportados (ST) 151

10 Participación en el Componente Social durante la fase Diagnóstico y su importancia en la Ordenación de la Cuenca Hidrográfica Río Alto Lebrija 154

11 Recomendaciones 159

12 Referencias Bibliográficas 161

Lista de Figuras

Figura 1 Cuencas en jurisdicción de la CDMB. 25

Figura 2 Microcuencas de la Subcuenca del Río Suratá. 27

Figura 3 Localización de la Cuenca Río Alto Lebrija. 30

Figura 4 Delimitación de la Cuenca Río Alto Lebrija en el mapa de las Provincias de Santander y municipios circunscritos por la misma. 31

Figura 5 Cuencas límites de la Cuenca Río Alto Lebrija. 31

Figura 6 Microcuencas del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija 34

Figura 7 Municipios del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija (Área de estudio) e Índice de escala. 34

Figura 8 Diagrama del plan operativo para los componentes Geología y Geomorfología. 37

Figura 9 Delimitación de la cuenca en el esquema tectónico del departamento de Santander. 42

Figura 10 Imagen del Mapa geológico regional realizado de la Cuenca Río Alto Lebrija. 43

Figura 11 Delimitación de la cuenca en el esquema estructural del Departamento de Santander. 58

Figura 12 Minerales metálicos y preciosos en la Cuenca Río Alto Lebrija. 66

Figura 13 Imagen del mapa geológico del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija.. 70

Figura 14 Evidencia Neis de Bucaramanga (PDb). 73

Figura 15 Evidencia Formación Silgará (pDs) 75

Figura 16 Evidnecia Ortoneis cuarzofeldespático (PDo) 76

Figura 17 Evidencia Tonalita del Plutón de Páramo Rico (JRtgd). 76

Figura 18 Evidencia Cuarzomonzonita y Granito (JRcg) 77

Figura 19 Evidencia Cuarzomonzonita con mineralización de sulfuros (JRcgp). 79

Figura 20 Evidencia Pórfido dacítico (dp) 80
Figura 21 Evidencia Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro (Jc) 81
Figura 22 Evidencia Granodiorit del Batolito de Rionegro (Jgd). 82
Figura 23 Evidencia Formación Bocas (Jb) 83
Figura 24 Evidencia Formación Jordán (Jj) 84
Figura 25 Evidencia Formación Girón (Jg). 86
Figura 26 Evidencia Formación Los Santos (Kita) 87
Figura 27 Evdiencia Formación Rosablanca (Kir) 88
Figura 28 Evidencia Formación Paja (Kip) 89
Figura 29 Evidencia Formación Tablazo (Kit) 90
Figura 30 Evidencia Formación Simití (Kis) 91
Figura 31 Evdiencia Formación La Luna (Ksl). 93
Figura 32 Evidencia Formación Umir (Ksu). 94
Figura 33 Evidencia Depósitos aluviales 95
Figura 34 Evidencia Depósitos coluviales 97
Figura 35 Evidencia Depósitos de Terraza 97
Figura 36 Falla de Bucaramanga 99
Figura 37 Falla de Suratá. 100
Figura 38 Falla del río Charta 101
Figura 39 Plegamiento. 102
Figura 40 Evidencia de Plegamiento en Fm La Luna 103
Figura 41 Microfalla 104
Figura 42 Imagen del Mapa Geomorfológico del Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija. 105

Figura 43 Cerro remanente 108
Figura 44 Colinas Remanentes muy disectadas 108
Figura 45 Cono de Flujo Indiferenciado. 110
Figura 46 Escarpe de Erosión Mayo 110
Figura 47 Glacis 111
Figura 48 Sierra denudada 112
Figura 49 Terraza sobreelevada “colgada”. 113
Figura 50 Facetas triangulares 114
Figura 51 Escarpe de Línea de la Falla Bucaramanga. 115
Figura 52 Espolones. 116
Figura 53 Espolones Faceteados 116
Figura 54 Espolones Festoneados. 117
Figura 55 Gancho de Flexión 118
Figura 56 Laderas de Contrapendiente 119
Figura 57 Ladera de Contrapendiente en la Vereda Máveda. 119
Figura 58 Laderas de contrapendiente de Sierra Homoclinal. 120
Figura 59 Ladera estructural de Sierra Homoclinal. 121
Figura 60 Sierras Homoclinales 121
Figura 61 Cauce Aluvial del Río Salamaga 123
Figura 62 Llanura de inundación del Río Salamaga 124
Figura 63 Terraza de acumulación Antigua. 125
Figura 64 Terrazas de acumulación Subrecientes del Río Salamaga 126
Figura 65 Artesa Glacial. 127

Figura 66 Espolones estructurales glaciados. 128

Figura 67 Morrena de fondo 129

Figura 68 Deslizamiento translacional en forma de cono 131

Figura 69 Deslizamiento rotacional. 132

Figura 70 Flujo de detritos en la Fm Bocas. 133

Figura 71 Caída de Bloques 134

Figura 72 Caída de Bloques reciente 135

Figura 73 Avalancha de rocas. 136

Figura 74 Imagen del Mapa Geomoforflógico y localización de procesos Morfodinámicos registrados en el Norte del Cuenca Río Alto Lebrija. 141

Figura 75 Evidencia Unidad de Roca Dura. 143

Figura 76 Evidencia Unidad Roca Intermedia 146

Figura 77 Evdiencia Unidad Roca Blanda. 148

Figura 78 Evidencia Unidad Suelo Residual. 150

Figura 79 Evidencia Unidad Suelo Transportado 152

Figura 80 Imagen del Mapa de UGS para el Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija. 153

Figura 81 Participación de la comunidad en la fase de Diagnóstico 157

Figura 82 Entrega de material divulgativo a la comunidad en reuniones pre- inicio. 157

Figura 83 Elección del Consejo del POMCA Cuenca Río Alto Lebrija 158

Figura 84 Instalación del Consejo del POMCA Cuenca Río Alto Lebrija. 158

Lista de Tablas

Tabla 1 Estratigrafía del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija 70

Tabla 2 Geomorfología del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija 106

Tabla 3 Inventario de procesos morfodinámicos en el Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija 136

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD)

Apéndice A. Fotogeología de la Cuenca del Río Alto Lebrija

Apéndice B. Fotogeomorfología de la Cuenca del Río Alto Lebrija

Apéndice C. Rutas de campo

Apéndice D. Mapa Geológico a Escala 1:100000

Apéndice E. Formato de Geomorfología

Apéndice F. Mapa Geológico del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija a Escala 1:25000

Apéndice G. Mapa Geomorfológico del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija a Escala 1:25000

Apéndice H. Inventario de Procesos Morfodinámicos de la Cuenca Río Alto Lebrija

Apéndice I. Inventario Simma Norte De La Cuenca Río Alto Lebrija

Apéndice J. Formato de Fenómenos de Remoción en masa.

Apéndice K. Mapa UGS Preliminar

Apéndice L. Formato de Macizo Rocoso

Apéndice M. Formato Suelos.

Apéndice N. Descripción y Comportamiento de Perfil de Meteorización de Dearman (1974).

Apéndice Ñ. Clasificación de los Tipos de roca según su Génesis y Textura

Apéndice O. Índices de Campo para determinar la Resistencia a la compresión simple, de suelos cohesivos y rocas

Apéndice P. Clasificación de Unidades de Suelo

Apéndice Q. Descripción de Consistencia de suelos arcillosos y descripción de densidad relativa de suelos arenosos

Apéndice R. Formato Propiedades Geomecánicas de Macizo Rocoso

Apéndice S. Tabla para estimar el GSI a partir de la estructura del Macizo Rocoso y las condiciones de las discontinuidades

Apéndice T. Tipos de relleno y comportamientos

Apéndice U. Descripción del flujo de agua en un Macizo Rocoso

Apéndice V. Mapa Unidades Geológicas Superficiales (UGS) a Escala 1:25000

RESUMEN

TÍTULO: **ESTUDIO DE LOS COMPONENTES GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DEL NORTE DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO LEBRIJA[1].**

AUTORES: **DAYANA ESLENDY JAIMES ACEVEDO; SILVIA JOHANNA MANTILLA DUARTE[**]**

PALABRAS CLAVES: **POMCA, DIAGNÓSTICO, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, UGS, PROCESOS MORFODINÁMICOS.**

DESCRIPCIÓN:

El Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), consta de cuatro fases esenciales para su desarrollo: Aprestamiento, Diagnóstico, Prospectiva y Zonificación ambiental, y Formulación; para efecto de este documento se contempló la ejecución del Diagnóstico, en los componentes Geología y Geomorfología para la actualización del POMCA de la Zona Norte del Río Alto Lebrija, que consiste en caracterizar el estado actual de este sector de la cuenca, identificando y analizando las propiedades físicas, químicas y geomecánicas de las rocas aflorantes y diferenciando puntos críticos en condición de riesgo, con el fin de limitar el uso del territorio y el aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

La Cuenca Río Alto Lebrija se localiza en el departamento de Santander, sobre la zona occidental del Macizo de Santander, hacia la parte norte de la Cordillera Oriental. El Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija está subdivido: al Noroeste por las microcuencas; de la Quebrada Samacá, Quebrada Santa Cruz, Río Salamaga y Quebrada Silgará; y al Noreste por las microcuencas; del Río Vetas, Río Suratá y Río Charta, las cuales abarcan una extensión total de 78935.36 Ha, comprendida entre los municipios Rionegro, El Playón, Suratá, Matanza, Charta, California y Vetas.

Entre los beneficios de este proyecto se menciona: la actualización de la cartografía geológica y geomorfológica existente e inventario de procesos morfodinámicos según el SIMMA del año 2010; además de elaborar el mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) con base en la Guía Metodológica de Campo UGS según el Servicio Geológico Colombiano (2015).

[1] Proyecto de Grado. Práctica empresarial.

[**] Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez. Tutor: Ramiro Meneses González

ABSTRACT

TÍTTLE: **STUDY OF GEOLOGY AND GEOMORFOLOGY COMPONENTS FOR ACTUALIZATION THE ORDINATION AND MANAGEMENT PLAN OF THE NORTH RIO ALTO LEBRIJA HYDROGRAPHIC BASIN*.**

AUTHORS: **DAYANA ESLENDY JAIMES ACEVEDO; SILVIA JOHANNA MANTILLA DUARTE****

KEYWORDS: **POMCA, DIAGNOSTIC, GEOLOGY, GEOMORPHOLOGY, SGU, MOPHODINAMYC PROCESSES**

DESCRIPTION:

The Ordination and Management of Hydrographic Basin Plan (POMCA), consists of four essential phases for its development: Assessment, Diagnostic, Foresight and Environmental Zoning, and Formulation; for the purpose of this document the execution of the Diagnostic was contemplated in Geology and Geomorphology components for actualization the POMCA of North Zone of Rio Alto Lebrija Basin, considering the characterize the present state of this sector of the basin, identifying and analyzing the physical, chemical and geomechanical properties of outcrops and differentiating critical points in a risk condition, in order to limit the use of the territory and exploitation of renewable natural resources.

Rio Alto Lebrija Basin is located in the Santander department, on the western side of the Santander Massif, towards northern part Eastern Cordillera. The North Rio Alto Lebrija Basin is subdivided: to the Northwest by the microbasins; Samacá ravine, Santa Cruz ravine, Salamaga River and Silgará ravine; at the northeast by microbasins; Vetas river, Suratá river and Charta river, which cover a total area of 78,935.36 hectares, including Rionegro, El Playón, Suratá, Matanza, Charta, California and Vetas municipalities.

Among the benefits of this project are: actualization of geological and geomorphological cartography existing and morphodynamic processes stocktaking according to SIMMA of the year 2010; in addition to elaborating the Surface Geological Units (SGU) Map, based on the Methodological Guide of Field UGS according to the Colombian Geological Service (2015).

---

* Bachelor Tesis. Industry Practice.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez. Tutor: Ramiro Meneses González

Introducción

En este documento se presenta y describe, el conjunto de actividades realizadas durante la práctica empresarial fundamentada en la actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) Río Alto Lebrija, en la cual se aplicaron conocimientos y capacidades tanto profesionales como personales, con el fin de resolver problemas y adquirir habilidades en los diferentes entornos de desarrollo técnico, económico, social y ambiental.

Cabe mencionar que el proyecto POMCA consta de cuatro (4) fases esenciales para su desarrollo: Aprestamiento, Diagnóstico, Prospectiva y Zonificación ambiental, y Formulación; entre las cuales y para efecto de este proceso de aprendizaje, se contempló la ejecución del Diagnóstico para el POMCA Río Alto Lebrija; el cual, consiste en identificar y caracterizar el estado actual de la cuenca en los componentes: físico-biótico, social, cultural, económico, político-administrativo y funcional; además, realizar la identificación y análisis de las condiciones de amenaza y vulnerabilidad que pueden limitar o condicionar el uso del territorio y el aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

Referente al componente físico-biótico, se reconocen aquellos factores y elementos que integran el medio natural de la cuenca hidrográfica, considerándose para la realización de este trabajo, los atributos de Geología y Geomorfología del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija.

De esta manera, considerando los lineamientos establecidos por la Guía Técnica para la formulación del POMCA (2014), en el componente Geología se elabora una caracterización geológica a escala regional, con base en información secundaria, que permite identificar las

diferentes unidades litoestratigráficas y la geología estructural que se encuentra afectando dinámicamente esta cuenca. Asimismo, consta de salidas cartográficas para el desarrollo de las temáticas, Geología y Unidades Geológicas Superficiales, representadas en la elaboración de los mapas respectivos a escala 1:25000, los cuales; tienen un uso multipropósito para otros factores físico-bióticos (Uso de suelo e Hidrogeología) y Gestión del riesgo.

Por otra parte, el componente de Geomorfología, consiste en la generación de un mapa Geomorfológico a escala 1:25000, a partir de la identificación de unidades y subunidades geomorfológicas tras un reconocimiento en campo, cuya clasificación está acorde al análisis morfogenético de las geoformas y morfometría del paisaje, incluyendo la morfodinámica presente en la diferente litología en la zona de estudio. Asimismo, este producto cartográfico tiene una función multipropósito para el aspecto de Usos del suelo de la cuenca en ordenación.

Finalmente, la fase Diagnóstico del POMCA Río Alto Lebrija aparte de caracterizar el estado actual de la cuenca, también incluye el estudio de conflictos por uso y manejo de los recursos naturales, síntesis ambiental y priorización de problemas y áreas críticas, apoyados por la conformación y consolidación del Consejo de cuenca, constituido principalmente por los actores directos e indirectos en la cuenca, en este caso, considerando la importancia de la participación activa de la comunidad en jurisdicción de la cuenca.

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Realizar la caracterización Geológica y Geomorfológica del Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija, con el fin de actualizar el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica (POMCA), siguiendo los parámetros de la Guía Técnica para su formulación del año 2013.

1.2 Objetivos Específicos

- Brindar apoyo al equipo social en el proceso de socialización y conformación del consejo de cuenca del POMCA Río Alto Lebrija.
- Elaborar el mapa geológico a escala 1:25.000 y describir la estratigrafía y la geología estructural del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija.
- Identificar, caracterizar y realizar el mapa de las unidades y subunidades geomorfológicas, a escala 1:100.000 y 1:25.000 respectivamente, del área en estudio.
- Elaborar el mapa de Unidades Geológicas Superficiales – UGS, a escala 1:25.000.
- Adquirir los datos estructurales en campo, para la caracterización del macizo rocoso, como aporte para el análisis de amenaza y vulnerabilidad del Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija.
- Realizar un inventario de los procesos morfodinámicos a escala 1:25.000.

2 Antecedentes y Contexto

En el año 1974 se estableció el decreto de Ley 2811 correspondiente al Código Nacional de Recursos Naturales Renovables (CNRNR), con el cual se instauró, que las cuencas hidrográficas constituyen áreas de manejo especial, además de las definiciones y reglamentación relacionadas con su manejo y ordenación (MINAMBIENTE, 2009).

En el Decreto 2857 de 1981 se dispuso la definición, delimitación y aprovechamiento de las cuencas hidrográficas a partir de los Planes de Ordenación, cuyo objeto principal era el del planeamiento del uso y manejo de sus recursos, en conjunto con la orientación y regulación de las actividades de los usuarios, manteniendo o restableciendo un equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la preservación de la estructura fisicobiótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos; y así, programar proyectos de aprovechamiento hidraúlico (Suin-Juriscol, 2017).

Posteriormente, en el año 1993 se crea la Ley 99, en la cual se retoma el ordenamiento territorial en cuanto al diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo (MINAMBIENTE, 2009).

A partir de la última década, se consideró implantar la participación de la sociedad en relación con la gestión del agua, el establecimiento de tasas retributivas de utilización del recurso hasta la creación de las comisiones conjuntas; por ende se expide el Decreto 1729 de 2002 que renueva las finalidades, principios y directrices de la ordenación de cuencas, que para su formulación se realizó la Guía Técnico Científica para Ordenación de Cuencas Hidrográficas por parte del IDEAM, en

la cual "se establecen los principios orientadores y el esquema metodológico para la formulación de los POMCH" (MINAMBIENTE, 2009).

Finalmente, en el año 2014 se firmó un convenio interadministrativo entre la Corporación Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y el Fondo de Adaptación, en el marco del proyecto nacional 130 POMCAS, con el objetivo de ajustar los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas hidrográficas (POMCA) según Decreto 1640 de 2012, incorporando el componente de Gestión del riesgo como determinante ambiental en los procesos de formulación y actualización de los estudios ambientales de las cuencas afectadas por la ola invernal 2010-2011 (Fondo Adaptación, 2014).

Entre las zonas afectadas por el fenómeno de La Niña y que se encuentran en jurisdicción de la CDMB, se priorizaron las cuencas: Río Alto Lebrija, Río Cáchira Sur y las cuencas compartidas Río Lebrija Medio y Río Sogamoso (*Figura 1*) (Fondo de Adaptación, 2014).

El proceso de ordenación de una cuenca debe ser concebido desde el enfoque sistemático, dado que una cuenca hidrográfica se comporta como un conjunto real, complejo y abierto, en el que interactúan el subsistema biofísico (agua, suelo, biodiversidad y clima) con lo económico, social y cultural; los cuales dependen de la oferta, calidad y disponibilidad de los recursos naturales de la cuenca. Por tanto, el POMCA se considera un instrumento importante para armonizar las distintas herramientas de gestión ambiental previstas en otras normas y políticas, permitiendo consolidar las cuencas hidrográficas como unidades de gestión; a partir de la implementación de consejos de cuenca, realización apropiada de análisis de riesgo de desastres e inclusión de medidas de manejo y administración de los recursos naturales renovables como resultado del proceso de ordenación (Fondo Adaptación, 2014).

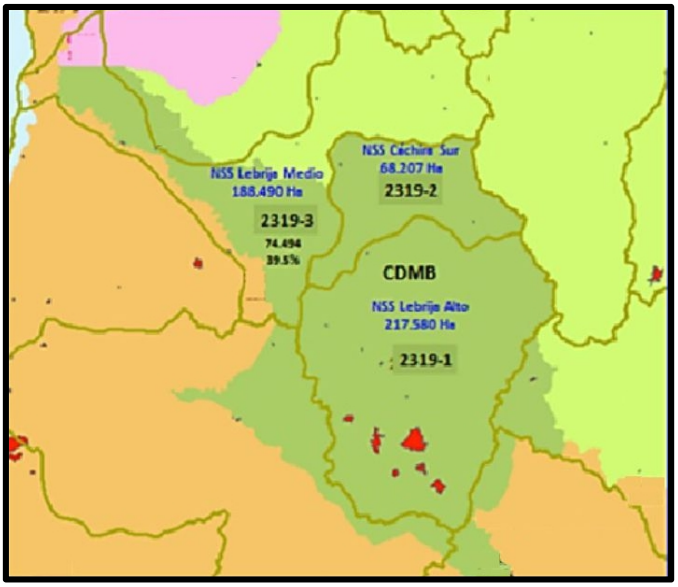

Figura 1 Cuencas en jurisdicción de la CDMB. Editado de CDMB (2014). Consejo de Cuencas. Tomado de: http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/consejo-de-cuenca-pomcas (20/02/2017).

Correspondiente a la ordenación de la Cuenca Río Alto Lebrija, dentro de la Zonificación Hidrográfica de Colombia, está representada como una subzona hidrográfica perteneciente al área hidrográfica del Magdalena medio de la Macrocuenca Magdalena-Cauca y posee una extensión de 217.596 Ha (MINAMBIENTE, 2017). Esta cuenca fue redefinida y se encuentra constituida por las subcuencas: del Río Salamaga (Microcuencas Salamaga y Silgará), del Río Suratá (Microcuencas Suratá Alto, Suratá Bajo, Vetas, Charta, y Tona), del Río Negro (Microcuencas Río Negro Bajo, Samacáy Santa Cruz), del Río Lebrija Alto Superior (Microcuencas Honda, El Aburrido, Angula-Lajas) y del Río de Oro.

La CDMB realizó un estudio de susceptibilidad a amenazas por inundación y remoción en masa en las subcuencas Suratá, Salamaga, río Negro, río de Oro y Lebrija Alto, el estudio abarcó los riesgos de algunos de los municipios que comprenden esta cuenca; con un porcentaje del 40% de cobertura en los años 2009-2012 donde se registraron desastres con afectaciones en viviendas,

infraestructura y cultivos que se han venido acrecentando en los últimos años. En el año 2007, la CDMB adoptó los POMCAS para las subcuencas: río Suratá, río Lebrija Alto, río de Oro, río Negro y río Salamaga, a escala 1:25000, sin embargo; de acuerdo al convenio de 130 POMCAS, estos deben ser actualizados, convirtiéndose en importantes insumos (Fondo de Adaptación, 2014).

De acuerdo al Plan de Ordenamiento y manejo ambiental (POA) de la cuenca Río Alto Lebrija realizado por la CDMB en el año 2008, dicha cuenca consta de catorce (14) microcuencas hidrográficas, entre las cuales, las siguientes seis (6) conforman la zona Norte (área de estudio): Microcuenca río Vetas, Microcuenca río Suratá Alto, Microcuenca río Charta, Microcuenca río Salamaga, Microcuenca río Samacá, Microcuenca quebrada Silgará y Microcuenca río Santa Cruz

A partir de ello, en el Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial (POAT) de la Microcuenca del Río Vetas, dicha microcuenca hace parte de la subcuenca Suratá (*figura 2*), ubicándose al Norte del departamento de Santander con una extensión de 15588.93461 hectáreas (Ha). Se define como una cuenca de intermontaña, caracterizada por unidades ígneo-metamórficas y con sistemas de fallas de dirección Sur-Norte, que afectan principalmente las rocas ígneo-metamórficas del Macizo de Santander. Los procesos geomorfológicos principales, corresponden a los flujos de escombros y lodos, producto de los deshielos procedentes del Páramo de Berlín, que conformaron los depósitos de morrenas y las terrazas fluvioglaciares y coluvioaluviales, que se encuentran en las zonas altas de las quebradas y se extienden en las márgenes del río Vetas y en la confluencia de las quebradas (Gradex-Inpro, 2002).

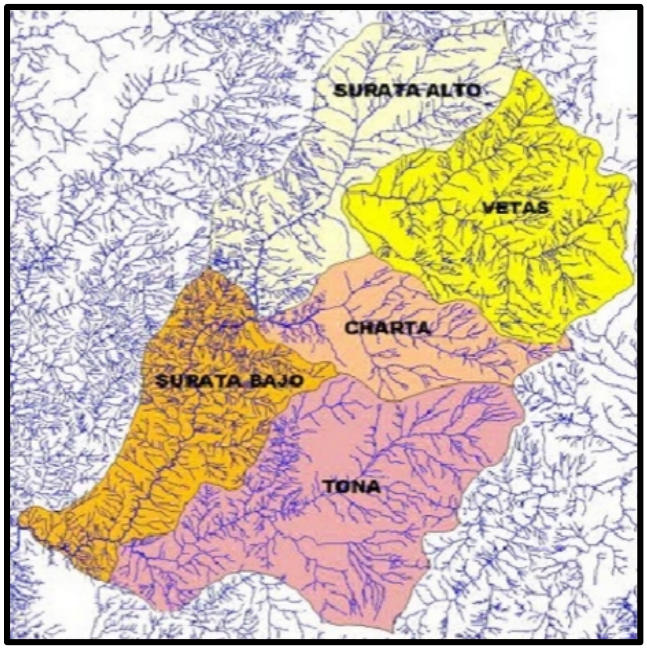

Figura 2 Microcuencas de la Subcuenca del Río Suratá. Adaptado de CDMB (2007). POA Río Suratá. Tomado de http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/centro-de-descargas/1185-pomca-subcuenca-surata/file.

En el POAT de la Microcuenca del Río Suratá Alto; se determina una cuenca de intermontaña con un área calculada de 134,34 $km^{2,}$ cuyo rasgo estructural principal, lo constituye el sistema de fallas del río Suratá y las fallas transversales a la misma. Los procesos geomorfológicos principales corresponden a los flujos y lodos, como producto de los deshielos procedentes del Páramo Santurbán, entre las veredas de Páramo de Monsalve y alto Cachirí, que conformaron las terrazas fluvio glaciares y colgadas, que se extienden hasta el municipio de Suratá (Gradex Ingeniería S.A., 2002).

De acuerdo al Plan de Ordeamiento Ambiental (POA) de la Microcuenca del Río Charta, comprende un área de 7.500 Ha y limitando al Norte con los municipios: Suratá, California y Vetas; al Sur con los municipios: Tona y Bucaramanga; y al Oeste con el municipio de Matanza.El

territorio es bastante quebrado y abundante en aguas, puesto que el río Charta y sus afluentes, tienen numerosas corrientes menores entre las que se destacan la Cristalina, La Rinconada, La Prensa, Pantanos y El Juncal. En general, esta microcuenca se encuentra ubicada en una región montañosa sobre la Cordillera Oriental donde su principal afluente es el río Charta cuyo cauce tiene dirección Norte – Sur (CDMB, 2002).

En el POA de la Microcuenca del Río Salamaga, desarrollado por Gradex-Inpro (2005), se establece con un área aproximada de 13.412,36 hectáreas y se encuentra entre los 200 y 2200 msnm. Esta microcuenca está dividida por el paso de la Falla Bucaramanga en dos (2) Provincias Geológicas: el Macizo de Santander al Noreste conformado por rocas ígneo-metamórficas y los escarpes de las mesas de Llano de Palmas-Arevalo y Galapagos-Altamira constituidos por rocas sedimentarias. Con respecto a la geología estructural, se localizan dos sistemas de fallas al Este; que influyen en el drenaje y el modelado del relieve, y la Falla Solferino, que se encuentra limitando el Sureste del Sinclinal de Arévalo.

La Microcuenca de la Quebrada Silgará, según el POA establecido por Gradex-Inpro (2005); se encuentra dividida por el trazo principal de la falla de Bucaramanga en dos provincias geológicas: al Noreste, el Macizo de Santander y al Oeste, los escarpes de la mesa de Altamira, que comprende las formaciones Tambor y Girón. Entre estas dos provincias se encuentra el Valle de la quebrada Silgará, a lo largo del cual afloran rocas sedimentarias paleozoicas y jurásicas.

Las Microcuencas de las quebradas Samacá y Santa Cruz pertenecen a la Subcuenca Río Negro, considerada una cuenca montañosa andina, caracterizada por la baja relación de áreas planas a áreas de alta pendiente, en la cual los valles son estrechos y las montañas altamente inclinadas. Esta subcuenca se divide en dos grandes unidades de paisaje; Macizo de Santander y Valle del río Negro, limitadas por un gran rasgo fisiográfico como es el marcado por el cambio de pendiente

asociado a la traza de la falla de Bucaramanga - Santa Marta, al oriente del cual se encuentra el Macizo de Santander y al occidente el valle del río Negro, este último limitado a su vez al occidente por la escarpa oriental de la Mesa de Llano de Palmas. En la zona de la subcuenca del río Negro, correspondiente al Macizo Ígneo Metamórfico de Santander se encuentran las geoformas de montañas, escarpes, laderas, y valles intermontanos. Con respecto al valle del río Negro, la dirección rectilínea de las corrientes de noroeste a sureste muestra el control estructural dado por las fallas del sistema Bucaramanga-Santa Marta, solo afectado localmente por la presencia de pequeños abanicos provenientes de las vertientes nororiental y suroccidental. Se pueden diferenciar cinco (5) geoformas: dos (2) de origen aluvial: terrazas y valle aluvial, y tres (3) de origen estructural-denudacional que corresponden a montañas, laderas y crestones y/o contraescarpas estructurales (Gradex- Inpro, 2005).

3 Localización

La cuenca del Río Alto Lebrija se ubica en el departamento de Santander (Colombia), sobre la zona occidental del Macizo de Santander, hacia la parte Norte de la Cordillera Oriental (*figura 3*). Geográficamente delimita trece (13) municipios de la Provincia de Soto: Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta (Área Metropolitana de Bucaramanga), El Playón, Rionegro, Lebrija, Tona, Charta, Matanza, Suratá, California y Vetas (*figura 4*).

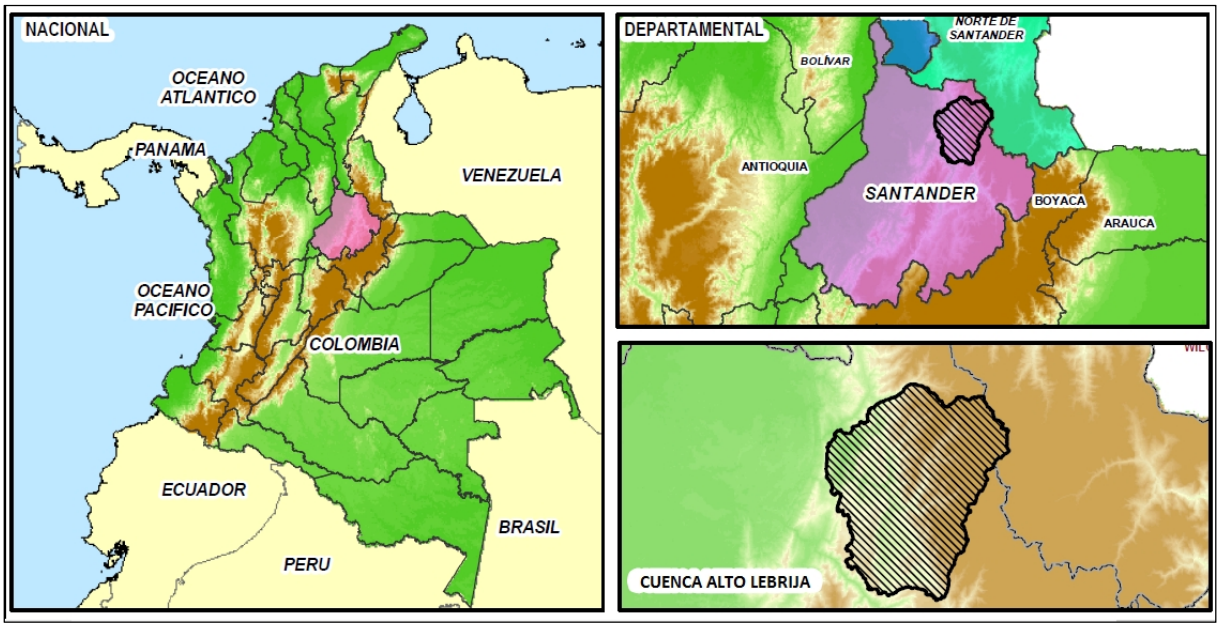

Figura 3 Localización de la Cuenca Río Alto Lebrija. Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

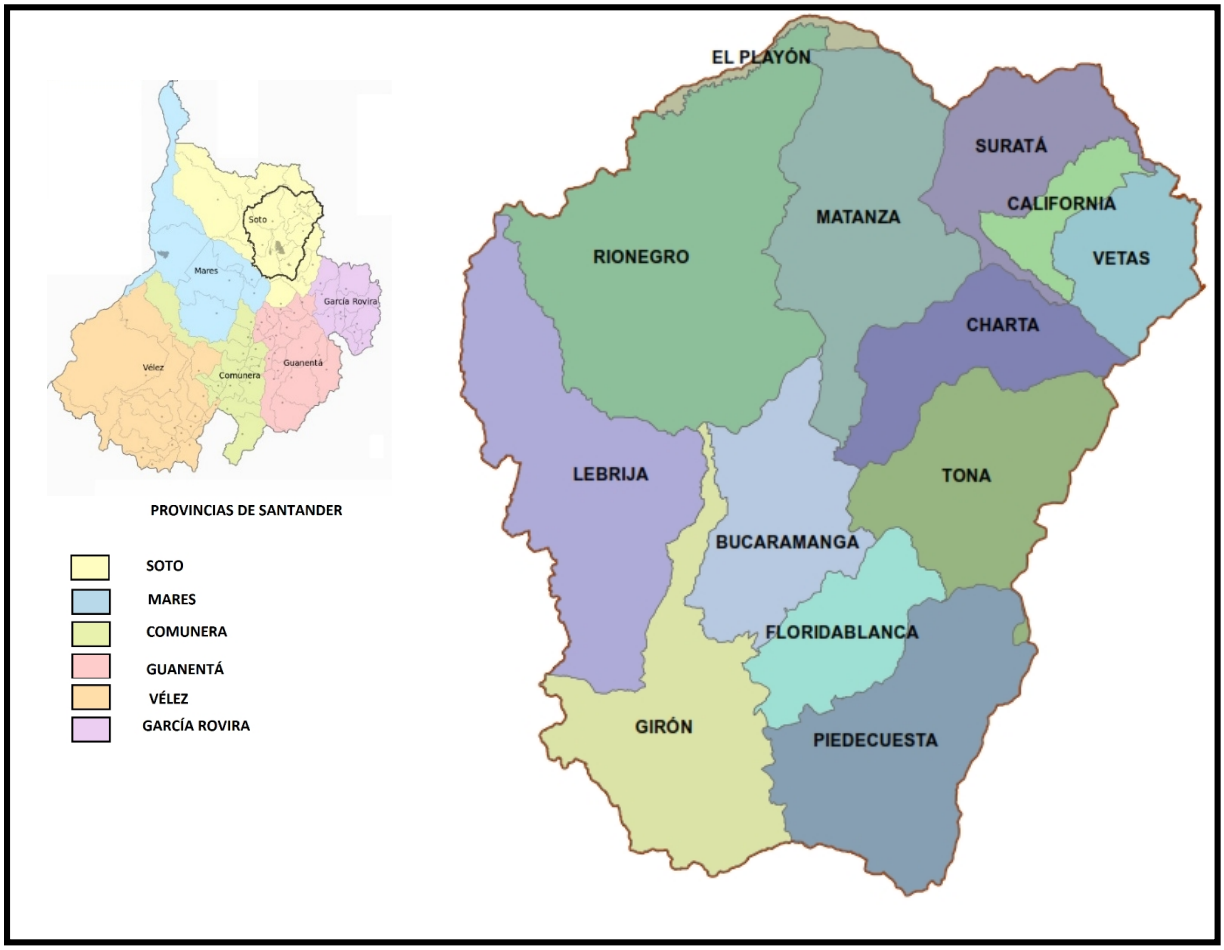

Figura 4 Delimitación de la Cuenca Río Alto Lebrija en el mapa de las Provincias de Santander y municipios circunscritos por la misma. Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija (2015).

Según la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) (2015) la Cuenca Río Alto Lebrija limita: Al Norte con la Cuenca de Cáchira Sur, al Sur con la Cuenca del Río Sogamoso, al Occidente con la Cuenca del Río Lebrija Medio, cuenca del Río Sogamoso, cuenca del Río Medio y Bajo Chicamocha, y al Oriente con la Cuenca del Río Zulia y la Cuenca del Río Chitagá (*figura 5*).

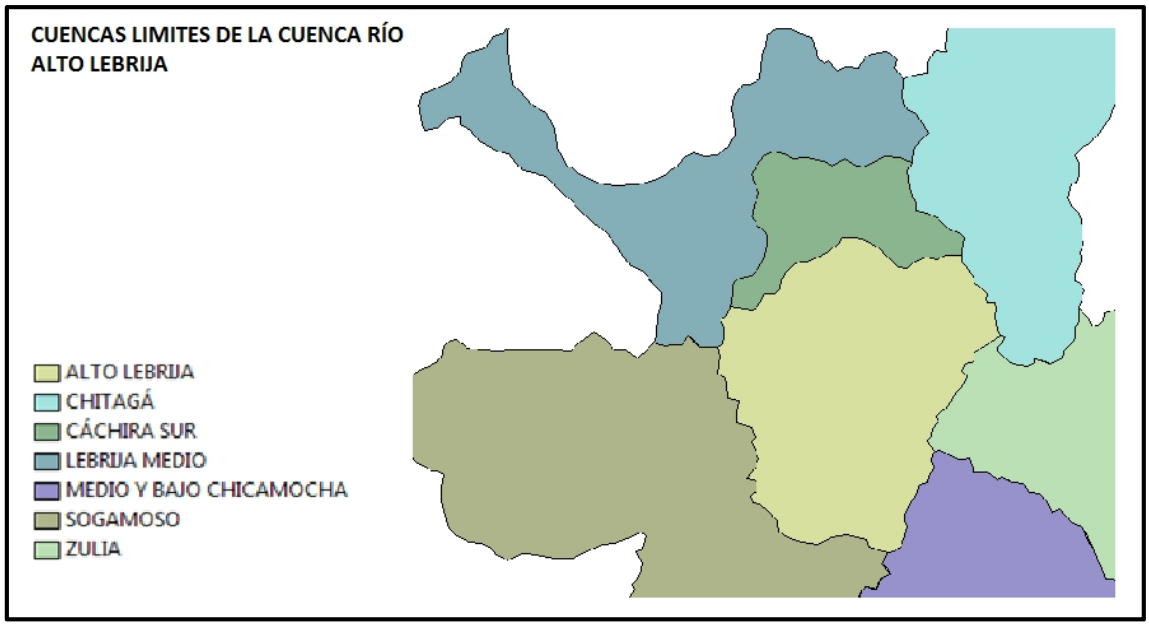

Figura 5 Cuencas límites de la Cuenca Río Alto Lebrija. Editado de CDMB (2015). Formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/consejo-de-cuenca-pomcas

El Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija está conformada al Noroeste por las microcuencas; de la Quebrada Samacá, Quebrada Santa Cruz, Río Salamaga y Quebrada Silgará; y al Noreste por las microcuencas; del Río Vetas, Río Suratá Alto y Río Charta, las cuales abarcan una extensión total de 78935.36 Hectáreas (*figura 6).* Topográficamente, cubre doce (12) planchas del IGAC a escala 1:25000: 109-I-D, 110-I-A, 110-I-C, 110-I-D, 109-II-A, 109-II-B, 109-II-C, 109-II-D, 109-III-B, 110-III-A, 110-III-B, 109-IV-A y 109-IV-B circundando los municipios de Rionegro, Playón, Charta, Matanza, Suratá, California y Vetas (*figura 7*).

En jurisdicción del municipio de Rionegro, se ubica:

- Microcuenca del Río Salamaga limitada al Norte con la microcuenca de la Quebrada Silgará, al Sur con la microcuenca de la Quebrada La Honda y al Occidente con la Cuenca del Río Cáchira Sur.
- Microcuenca de la Quebrada Silgará, limitada al Norte con la Cuenca del Río Cáchira Sur y al Sur con la microcuenca del Río Salamaga.
- Microcuenca de la Quebrada Samacá, limitada al Norte y Occidente con la microcuenca del Río Salamaga y al Oriente con la microcuenca de la Quebrada Santa Cruz.

En jurisdicción del municipio de Matanza:

- Microcuenca de la Quebrada de Santa Cruz, limitada al Oriente con la microcuenca del Río Suratá Alto, al Norte con la Cuenca del Río Cachira Sur y Occidente con las microcuencas Salamaga, Samacá y Silgará.

En jurisdicción del municipio de Matanza y municipio de Suratá:

- Microcuenca del Río Suratá Alto, que limita al Norte con la Cuenca del Río Cáchira Sur, al Oeste con la microcuenca de la Quebrada Santa Cruz, al Oriente; con las microcuencas Río Vetas y Río Charta y al Sur con la microcuenca del Río Suratá bajo.

En jurisdicción del municipio de California y municipio de Vetas:

- Microcuenca del Río Vetas, limitada al Oeste por la microcuenca del Río Suratá Alto y al Sur, por la microcuenca del Río Charta.

En jurisdicción del municipio de Charta:

- Microcuenca del Río Charta, limitada al Norte con la microcuenca del Río Vetas y al Sur con la microcuenca del Río Tona.

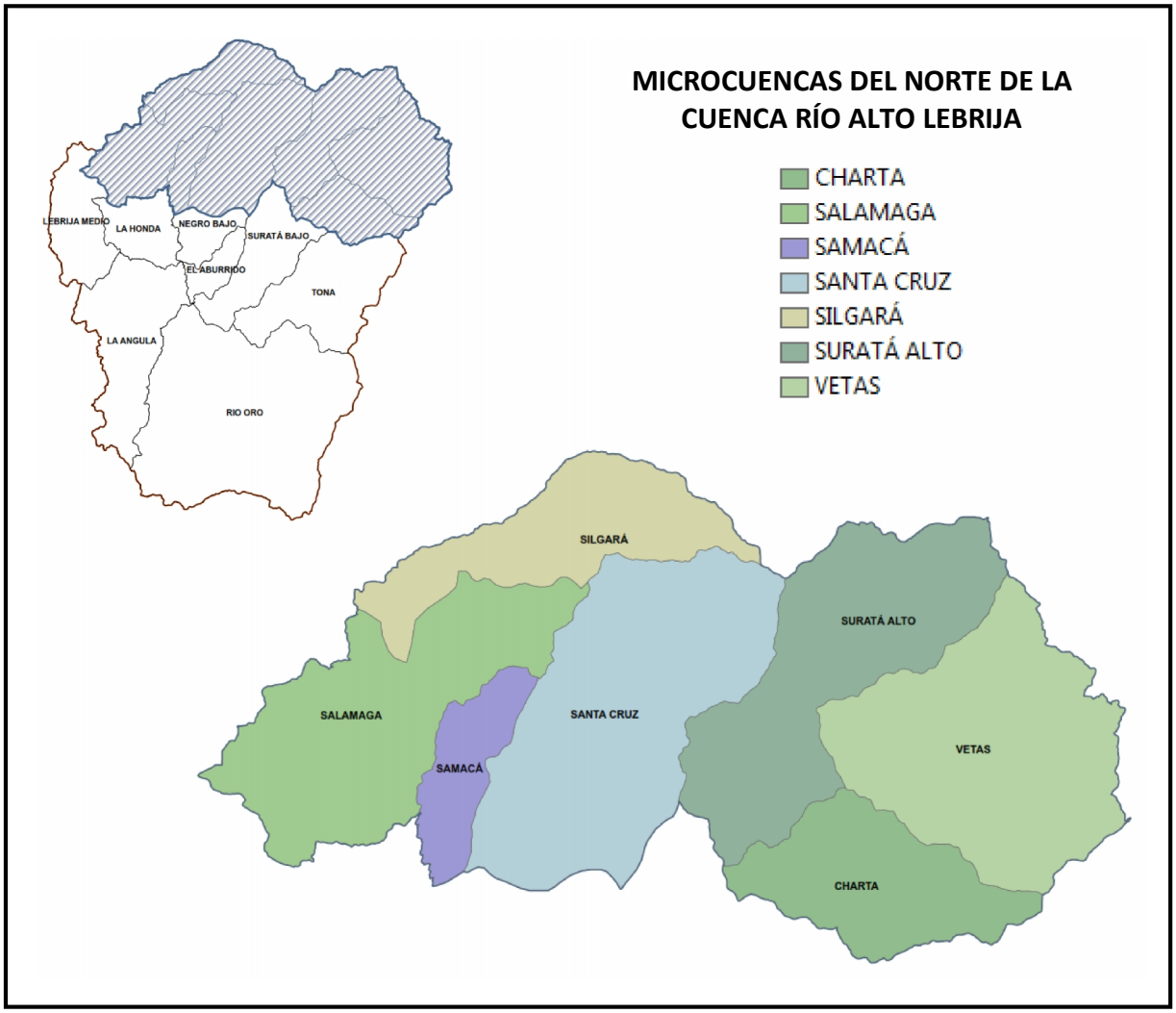

Figura 6 Microcuencas del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija. Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

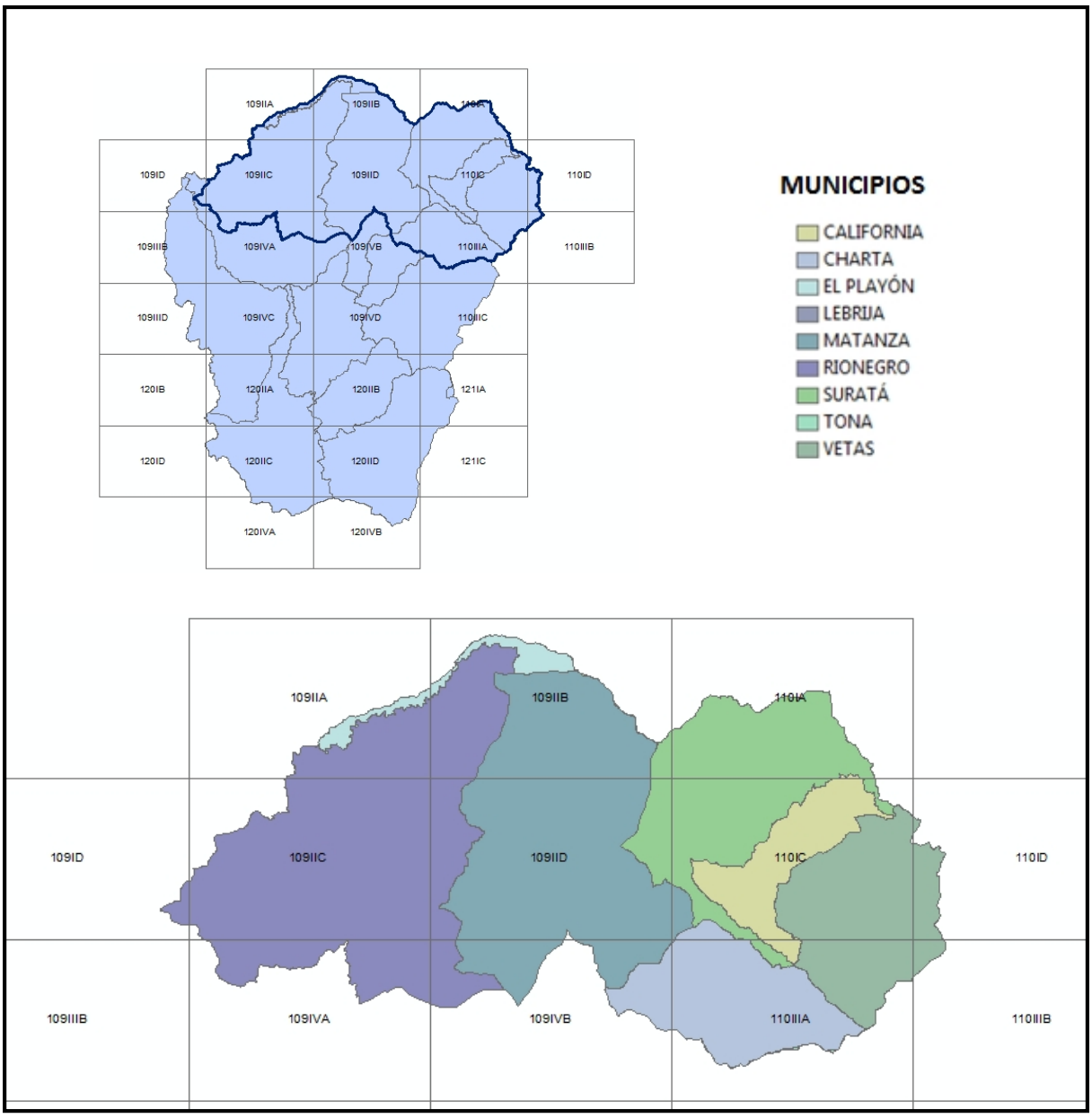

Figura 7 Municipios del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija (Área de estudio) e Índice de escala. Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

4 Justificación

La cuenca del Río Alto Lebrija es objeto de actualización de los Planes de Ordenamiento Ambiental Territorial (POAS) realizados por la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) durante los años 2002-2005, considerando que dicha cuenca, comprende alrededor de catorce (14) microcuencas que consiguen ser una fuente importante de recurso hídrico, que abastece la población de la Provincia de Soto, especialmente a los habitantes del Área Metropolitana de Bucaramanga; por ende, para fines de ejecución de la fase Diagnóstico de este proyecto; se requiere desarrollar los componentes físicos de Geología y Geomorfología, con el fin de caracterizar y analizar el estado actual de la cuenca.

Para la construcción del diagnóstico del proyecto; la cartografía de unidades litoestratigráficas y geomorfológicas a escala 1:25.000, es un insumo fundamental para los componentes de Hidrogeología, de Cobertura y Usos del Suelo y Gestión de Riesgo, debido a que las propiedades físicas, químicas y geomecánicas de las rocas aflorantes, inciden en la estimación de recursos hídricos subterráneos potenciales, evaluación de las tierras por su capacidad de uso, zonificación de las amenazas por fenómenos morfodinámicos y naturales e identificación de la vulnerabilidad de la cuenca, además; de unificar puntos críticos en condición de riesgo.

Entre los beneficios de este proyecto se menciona: la actualización de la cartografía geológica y geomorfológica existente e inventario de movimientos de remoción de masa del SIMMA (SGC) del año 2010; además de elaborar el mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) con base en la Guía Metodológica de Campo UGS según Servicio Geológico Colombiano (2015).

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 (*Figura 8).*

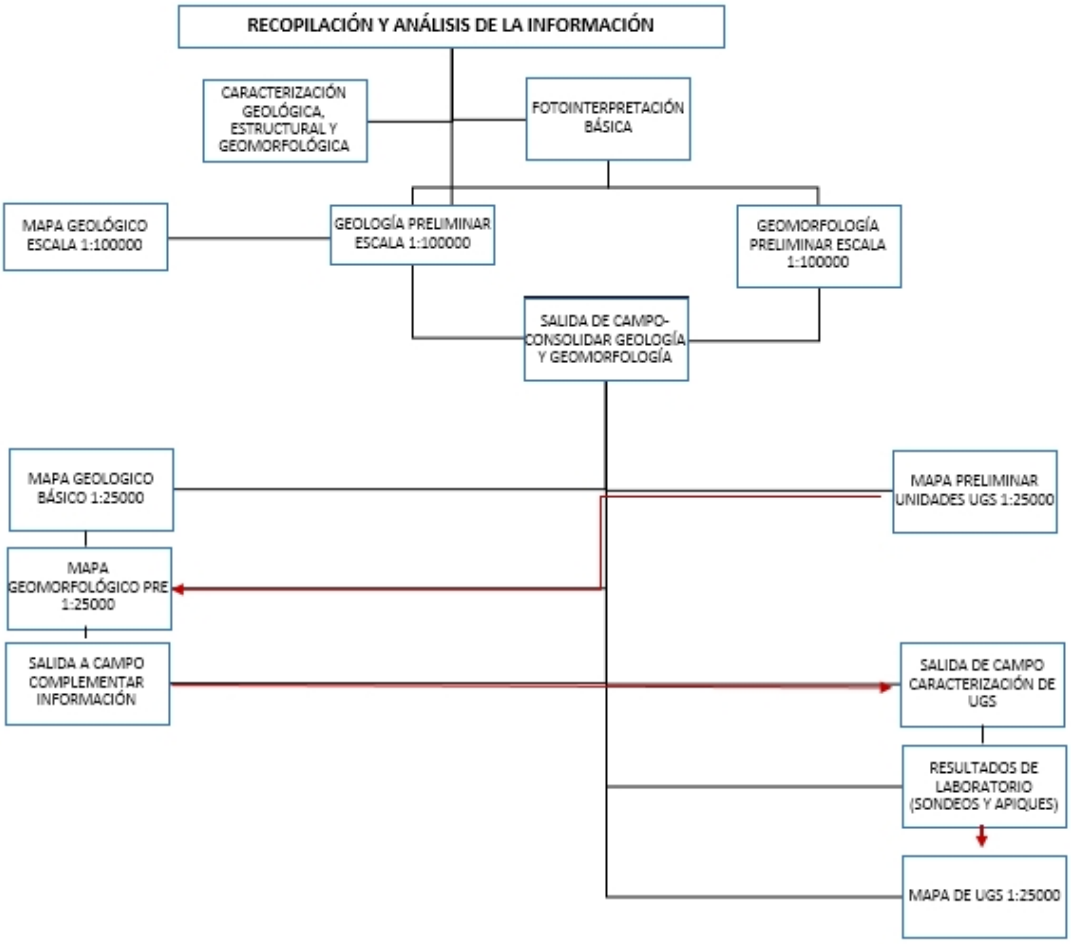

Figura 8 Diagrama del Plan operativo para los componentes Geología y Geomorfología. Adaptado y modificado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

De esta manera, se realizó la fotointerpretación para el área de estudio (cuenca del Río Alto Lebrija) con apoyo de la Plataforma SIG 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 (*Apéndice A*) y Geomorfología (*Apéndice B*), además; de establecerse las rutas de la salida de campo (*Apéndice C*), que tiene como propósito, localizar puntos de control y corroborar la disposición de litología.

Por otra parte, para la elaboración del mapa Geológico a escala regional (1:100.000) (*Apéndice D),* 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 E*) se realizaron los ajustes de geología regional y se elaboraron los mapas de Geología y Geomorfología a escala 1:25000 (*Apéndice F y Apéndice G*). 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 establecida para el sitio de estudio, se realiza un inventario de procesos morfodinámicos (*Apéndice H*), favorecido por información consignada a través de la plataforma SIMMA (*Apéndice I*) e identificación, registro y clasificación de los mismos, mediante la ficha de campo propuesta por Alicon Ingeniería S.A. (2012) *(Apéndice J)*.

Para generar el mapa preliminar de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) a escala 1:25000 *(Apéndice K*), se interpone 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 L)* y (*Apéndice M*), 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 el grado de meteorización de las unidades de roca y suelo, con base en el perfil de meteorización planteado por Dearman (1974) (*Apéndice N*), su génesis y textura a partir de la propuesta de Montero, González y Ángel (1982) (*Apéndice Ñ*) y resistencia de unidades rocosas según la tabla de Índices de compresión simple de suelos y rocas planteado por la ISRM (1981) (*Apéndice O*). 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 P*) y se analizaron propiedades de consistencia y densidad, establecidas por Ibáñez y Castro (2015) (*Apéndice Q).*

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 R),* 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 S)*, se definió el tipo de rugosidad superficial (lisa, ondulada y rugosa), tipo de relleno (*Apéndice T*) y flujo de agua presente en discontinuidades (*Apéndice U*).

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 V*).

6 Marco Geológico Regional

La Cuenca del Río Alto Lebrija se localiza en el flanco Este 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 tres (2) Provincias Tectonoestratigráficas

(*Figura 9*): la Provincia Macizo de Santander y la Provincia Cordillera Oriental (Royero y Clavijo, 2001).

El Macizo de Santander es un gran afloramiento del zócalo ígneo-metamórfico, observándose Micaesquistos y Filitas al NE de Bucaramanga, también se ubica una gran masa de un 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)

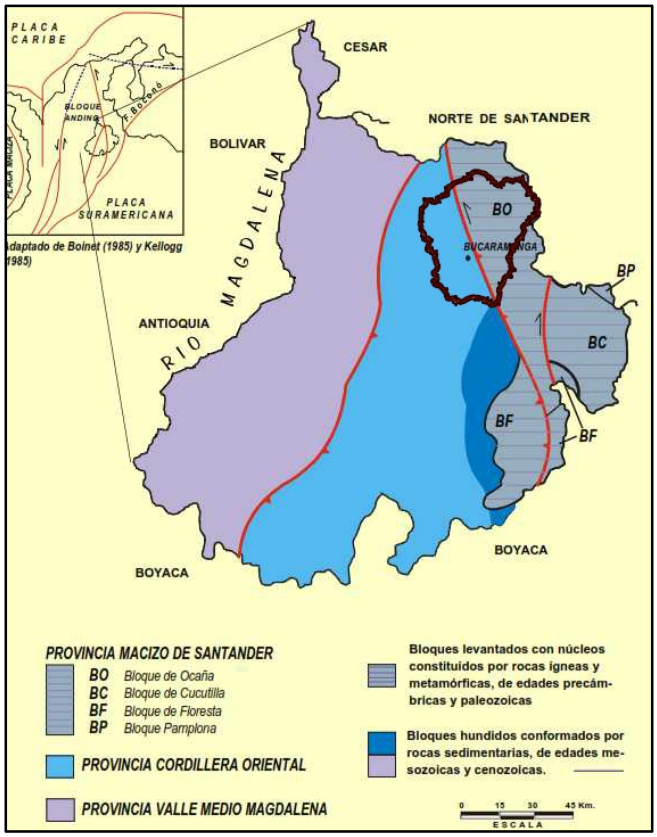

Figura 9 Delimitación de la cuenca en el esquema tectónico del departamento de Santander. Adaptado de Royero y Clavijo (2001). Memoria explicativa del mapa generalizado del Departamento de Santander.

6.1 Estratigrafía de la Cuenca Río Alto Lebrija

A escala regional, la Cuenca del Rio Alto Lebrija comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de edades que van desde el Precámbrico (Proterozoico Superior) hasta el Cenozoico (Holoceno). “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) (*Figura10, ver Apéndice D)*

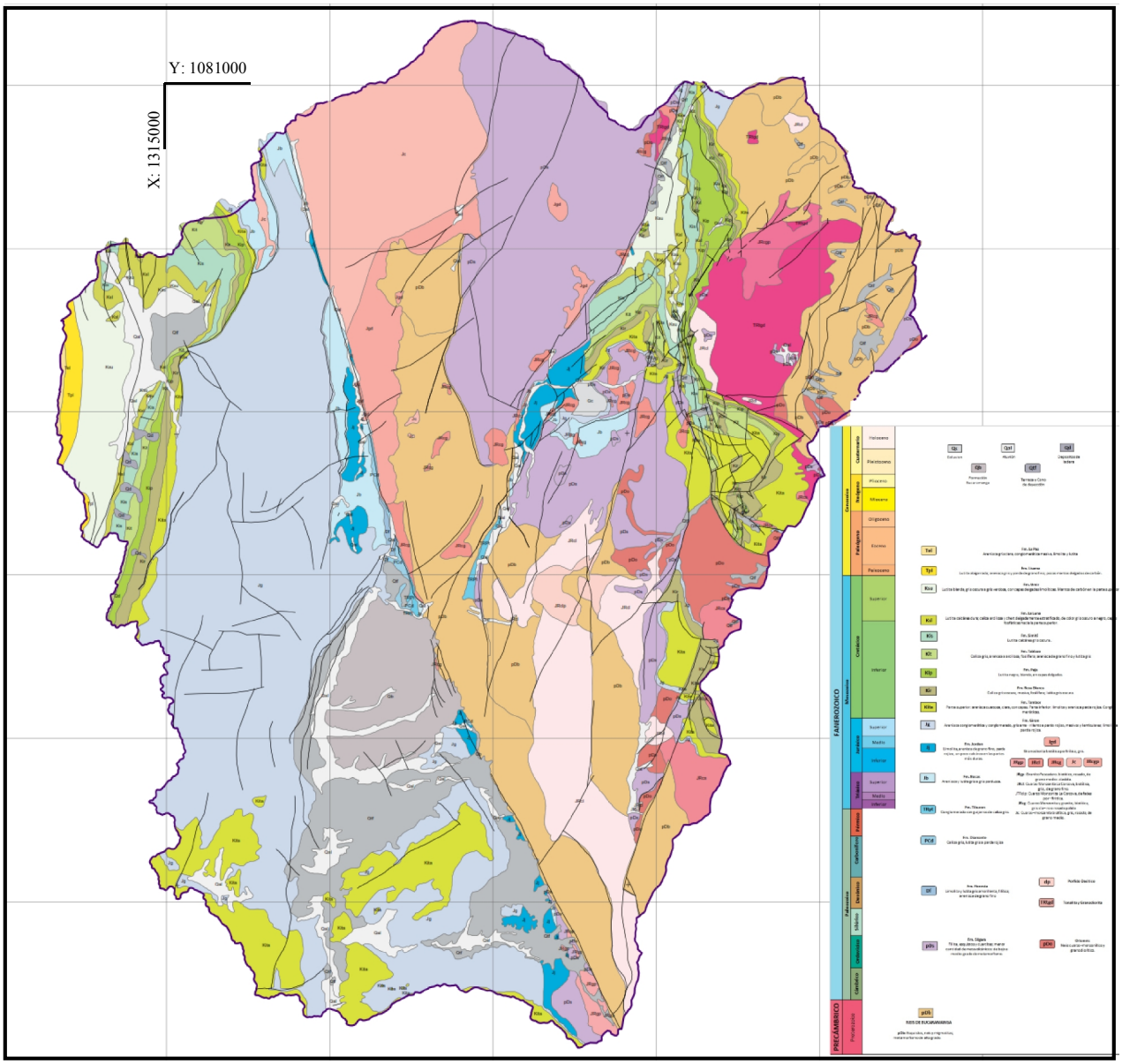

Figura 10 Imagen del Mapa geológico Regional realizado de la Cuenca Río Alto Lebrija. Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

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 Cediel (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 ocres, 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 Dacitico" 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, granosoportados, 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 rio 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

rio 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).

C**uarzomonzonita, 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 dacitico en Ward, et al. (1973).

Pórfido Dacitico (pd): El pórfido Dacitico 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 Dacitico 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 Cediel (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 Cediel (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 Cediel (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 Galembo. 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).

F**ormación 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 seencuentran 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 Oíl 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 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 11*) en Royero y Clavijo, (2001).

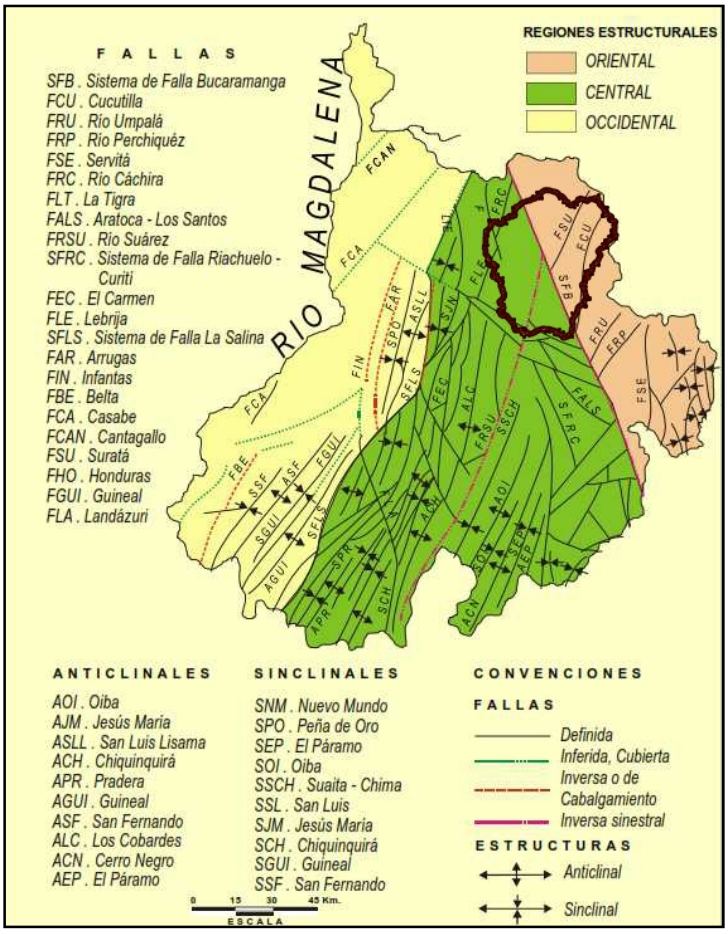

Figura 11 Delimitación de la cuenca en el esquema estructural del Departamento de Santander. Adaptado de Royero y Clavijo (2001). Memoria explicativa del mapa generalizado del Departamento de Santander.

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; Leon, 1991; Vargas Y Niño 1992; Clavijo et al., 1993; Clavijo, 1994), con movimiento sinestral, 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 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 Cuestarrica". 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 N35º a 40ºE buzando unos 70º 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 sinestral. 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 12*) 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

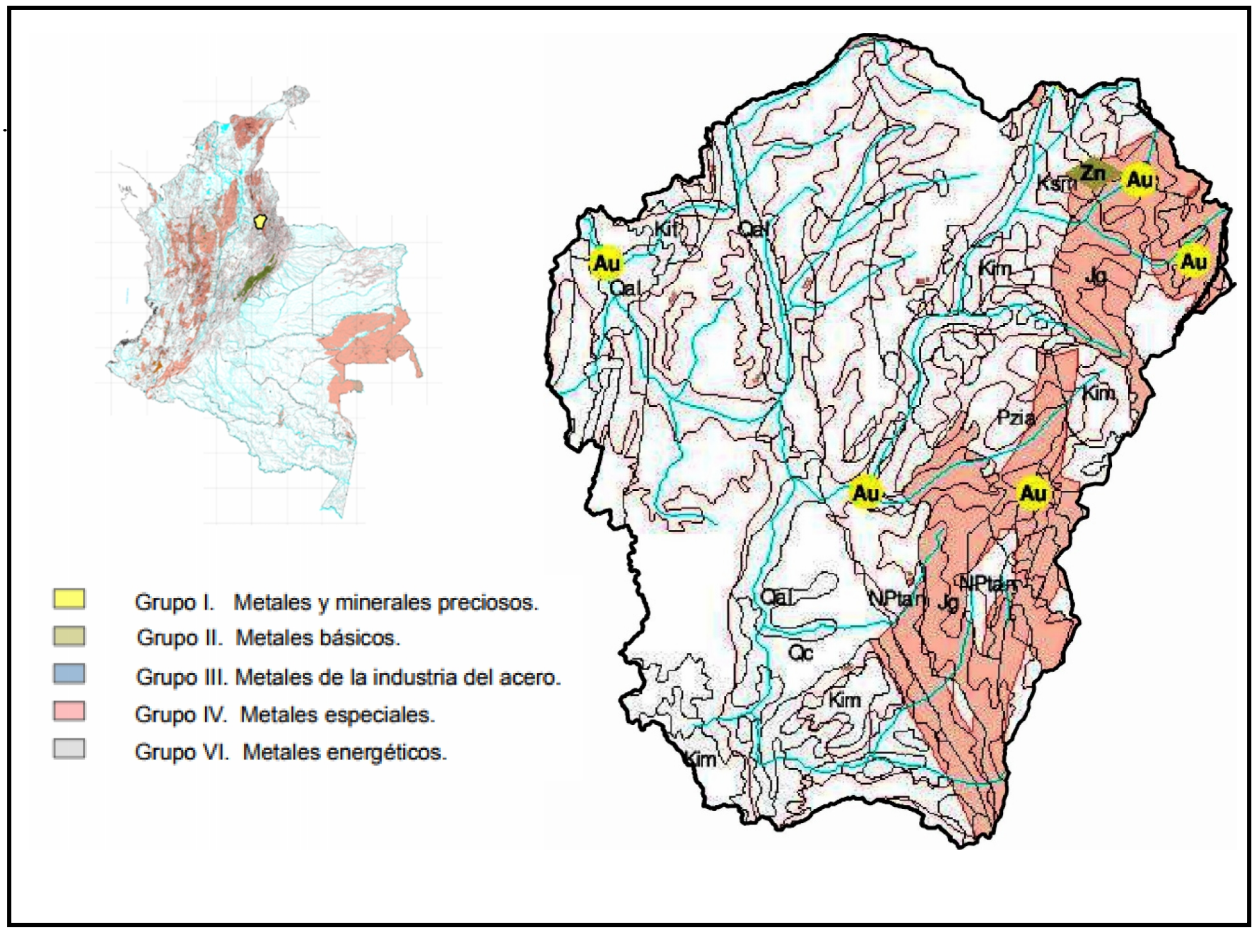

Figura 12 Minerales metálicos y preciosos en la Cuenca Río Alto lebrija. Editado de Ingeominas (2001). Mapa de recursos minerales de Colombia. Tomado de http://www.simec.gov.co/portals/0/Mapas/Mapa_Miner_Metal.pdf

- ***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 argpilica, propílitica, 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, bulldózeres, 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 diseminaciones 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 mineroeconómico 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 Básica del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija

En el área de estudio afloran unidades litoestratigráficas con edades desde el Proterozoico hasta el Holoceno, identificándose rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, además de depósitos

cuaternarios, convirtiéndose en elementos claves para la actualización de la geología a escala 1:25000. A continuación se presenta una descripción de la estratigrafía y estructuras del Norte de la cuenca Río Alto Lebrija *(Figura 13, ver Apéndice F) (Tabla 1*).

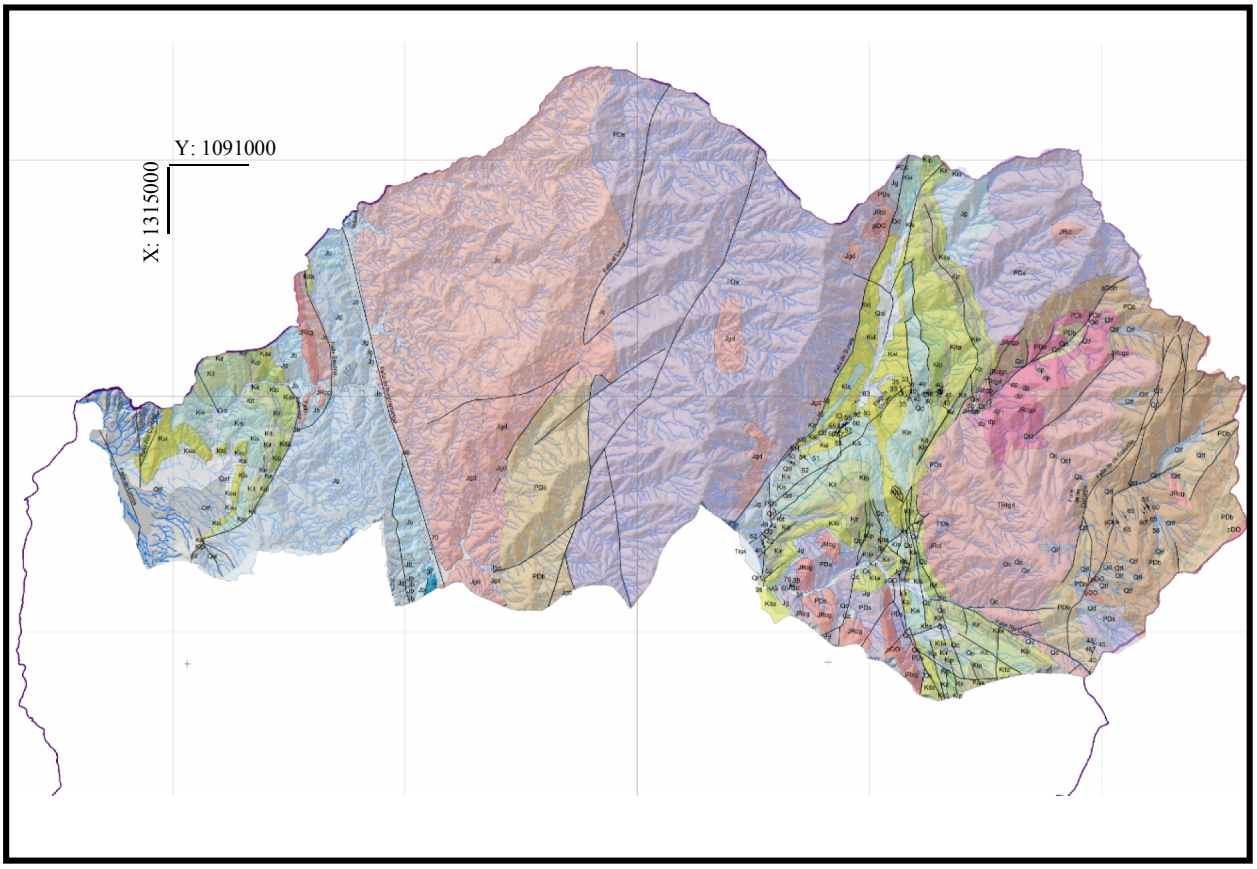

Figura 13 Imagen del mapa geológico del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija. Adaptado de Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

7.1 Unidades Litoestratigráficas

Tabla 1

Estratigrafía de la zona Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija

TIPO DE ROCA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	NOMENCLATURA
ROCAS METAMÓRFICAS	Neis de Bucaramanga	PDb, PDbh
	Formación Silgará	PDs
	Ortoneis	PDo
ROCAS ÍGNEAS	Tonalita y Granodiorita del Plutón de Páram Rico	TRtgd
	Porfido dacitico	Dp
	Cuarzomonznita, aplita y pórfido	JRcgp
	Cuarzomonzonita, granito y porfido cuarzoso	JRcg
	Cuarzomonzonita de La Corcova.	JRcl
	Granodiorita del Batolito de Rionegro	Jgd
	Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro	Jc
ROCAS SEDIMENTARIAS	Formación Bocas	Jb
	Formación Jordán	Jj
	Formación Girón	Jg
	Formación Los Santos y/o Tambor	Kita
	Formación Rosablanca	Kir
	Formacion Paja	Kip
	Formacion Tablazo	Kit
	Formación Simiti	Kis
	Formacion La Luna	Ksl
	Formacion Umir	Ksu
DEPÓSITOS CUATERNARIOS	Terrazas Bajas	Qt1
	Depósitos de Ladera	Qd
	Depósitos Coluviales	Qc
	Depósitos Fluvio-torrenciales	Qft

Rocas metamórficas del Precámbrico

Neis de Bucaramanga (PDb, PDbh): Esta unidad se evidenció a lo largo de la vía Berlín-Vetas, aflorando una pequeña masa de Neis biotitico (pDbh) con Anfibolita, observándose localmente Migmatita (*figura 14*), presentando dirección de foliación S25°W/35°NW y encontrándose en contacto con Esquistos micáceos de la Formación Silgará. Se observan detritos

de roca sobre la base del afloramiento, como producto del fracturamiento y humedad por surgencia de agua en el Neis. En el predio El Boquetin, sobre la carretera que comunica los sectores La Nevera- Páramo Rico, en la vereda Ortegón (Vetas), se observó un Neis biotitico, con composición mineralógica Cuarzo, Feldespato Plagioclasa, Biotita, con oxidación, moderadamente alterado y facturado, con dirección de foliación N10°E/78°SE; presentando venillas y venas de Cuarzo (Qtz) que cortan la foliación en dirección SE-NW, además se localiza una microfalla en el afloramiento con dirección SE-NW.

Este Neis biotitico se encuentra altamente meteorizado en diferentes lugares del Norte de la Cuenca, específicamente a lo largo de la vía El Salado- El Volcán (municipio de Vetas), mostrando oxidación de Biotita y foliación heredada, además sobre la vía Angosturas- La Baja (municipio de California) esta unidad se encuentra en contacto con cuarzomonzonitas y granito tipo pórfido, altamente fracturados y meteorizados a partir de la intervención antrópica (actividad minera).

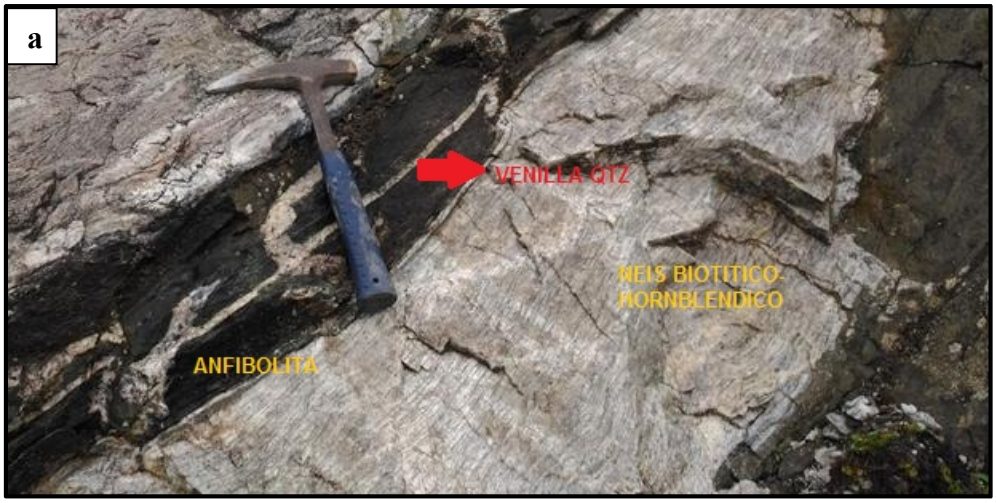

Figura 14 a) Evidencia de procesos hidrotermales en Paraneis biotitico-horbléndico con Anfibolita, a partir de venillas de Cuarzo que siguen la dirección de la foliación SW/NW b) Migmatita en Neis bioititico-hornblendico, como resultado del metamorfismo regional ocurrido en la zona. Vía Berlín-Vetas, margen derecho, sector El Roble. Coordenadas: 1293250N 1130292E 3782 m. Foto: Mantilla, S.

Rocas metamórficas del Paleozoico

Formación Silgará (pDs): Esta unidad se observó dentro del área de las microcuencas de Suratá Alto y Charta, presentándose intercalaciones de Cuarcita y Esquisto micáceo (Cuarzo, Muscovita, Biotita), gris verdoso. Sobre la vía Guamal-Cabrera-casco urbano de Matanza, las intercalaciones de Cuarcita- Esquisto, se exhiben alatamente meteorizadas, alteradas y plegadas. Debido a la intensa meteorización de la roca, se localizan deslizamientos de detritos y bloques en el sector. En la vía que comunica La Playa- casco urbano Charta, se evidencia Esquisto micáceo (Biotita, Muscovita, Clorita, Cuarzo, Plagioclasa) de color gris verdoso, con débil meteorización, dirección de foliación N15°W/35°SW, cortados por cuerpos intrusivos máficos (diques) y encontrándose en

contacto discordante con Areniscas lítica gris de la Formación Girón (Jg) (*Figura 15, a*) . En la microcuenca Silgará, sobre la vía El Filo – Máveda, se observan Esquistos micáceos en láminas delgadas casi verticales, con dirección de foliación N-S *(Figura 15, b).*

Figura 15 a) Contacto discordante entre Esquisto micáceo (pDs) y Arenisca lítica (Jg). Vía La Playa-Charta, margen derecho. Coordenadas: 1296770N 1117359E 1476 m. Foto: Mantilla, S b) Esquisto micáceo (pDs) con foliación vertical. Vereda El Filo, municipio El Playón. Coordenadas: 1317806 N 1111684 E. Foto: Jaimes, D.

Ortoneis (PDo): En el área de estudio, se localizó sobre la vía Berlín- Vetas; en el sector conocido como Piedrahilada (límite entre los municipios Vetas y Charta), encontrándose como Ortoneis cuarzofeldespático con composición mineralógica Cuarzo, Feldespato potásico, Plagioclasa, Muscovita y Biotita, altamente alterado y meteorizado por efecto de la humedad en la zona. De acuerdo a foliación heredada presenta dirección NW/SW. (*Figura 16*).

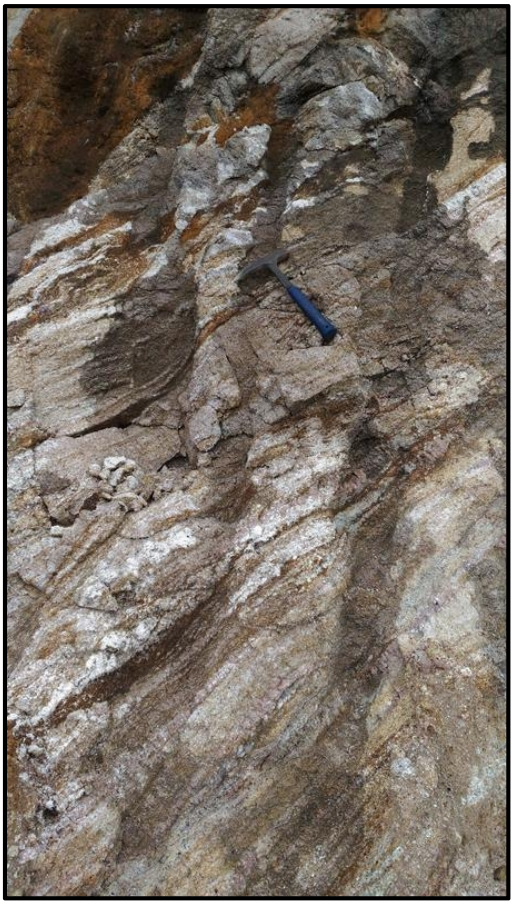

Figura 16 Ortoneis cuarzofeldespático altamente meteorizado considerándose como suelo residual. Vía Berlín- Vetas, margen derecho, sector Piedrahilada. Coordenadas: 1296336N 1130362 E 3593 m. Foto: Mantilla, S.

Rocas ígneas del Triasico-Jurásico

Tonalita y Granodiorita del Plutón de Páramo Rico (TRtgd): En la zona Norte de la cuenca, esta unidad aflora ampliamente sobre la microcuenca del río Vetas, encontrándose en el sector de Páramo Rico a lo largo de la vía que comunica dicha zona con Mortiño, una Tonalita moderadamente meteorizada y altamente fracturada, con composición mineralógica Cuarzo, Plagioclasa, Biotita . Este material ha sido utilizado con frecuencia como material de recebo para adecuación de la vía. Asimismo, sobre la vía Vetas- California, esta unidad está expuesta en la vereda Ortegón, observándose una Tonalita compacta, con oxidación por infiltración de agua y con familias de diaclasas con orientaciones N10°E/48°NE, S24°W/28°NW, S30°W/55°NW. (*Figura 17*).

Figura 17 Tonalita meteorizada por infiltración de agua y con presencia de diaclasamiento. Vía Vetas- California, margen izquierdo, vereda Ortegón (Vetas). Coordenadas: 1301028 N 1130028 E 2696 m. Foto: Mantilla, S.

Cuarzomonzonita, granito y porfido cuarzoso (JRcg): En el sector El Volcán (Vetas), se localizó un cuerpo de Granito Biotitico con alteración a clorita, con textura porfirítica, débilmente meteorizado y diaclasado (*figura 18, a*), a consecuencia del fallamiento en el sitio, que sigue el curso del río Vetas. Esta unidad se caracteriza por presentar mineralizaciones (piritización) de sulfuros (Oro/Plata) de importancia económica para la zona.

Hacia el Occidente de la zona de estudio, sobre la vía Trincheras – Galápagos, se observa un granito masivo, de grano medio, con algunos cristales porfiriticos de Cuarzo y Feldespato Potásico; débilmente meteorizado y moderadamente fragmentado *(figura 18, b*).

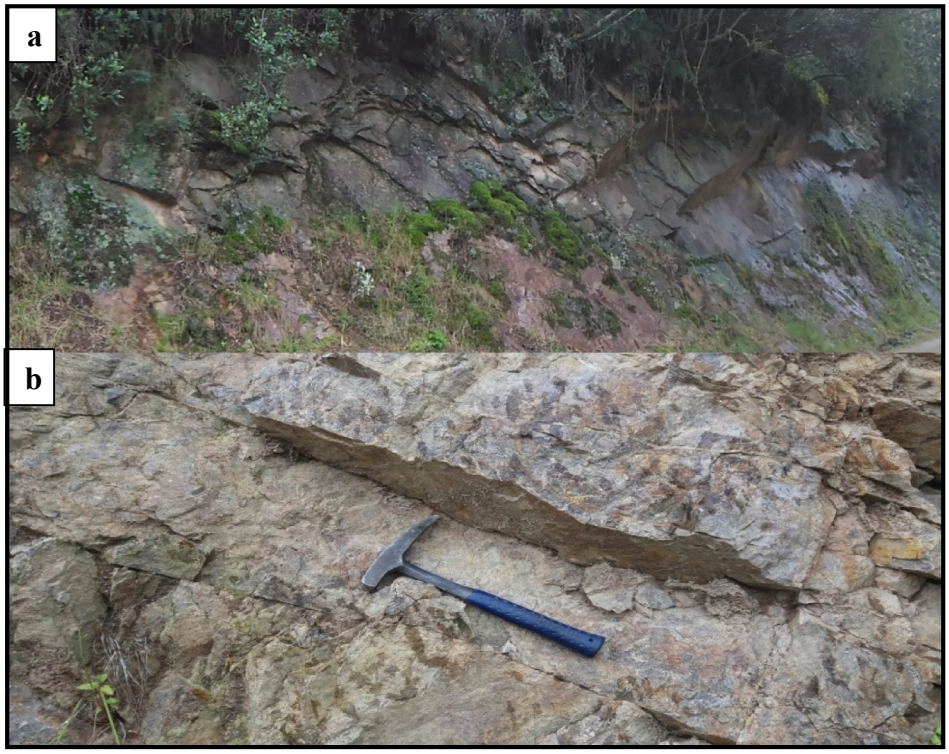

Figura 18 a) Granito bioititico (JRcg) moderadamente diaclasado. Vía El Volcán- El Salado, margen derecho, Sector El Volcán. Coordenadas: 1301345 N 1134117 E 3366 m. Foto: Mantilla, S b) Granito con pórfidos de Qtz y Feld K. Vía Trincheras-Galápagos. Coordenadas: 1310007 N 1096114 E. Foto: Jaimes, D.

Cuarzomonzonita, aplita y pórfido (JRcgp): Esta unidad se evidenció en gran extensión del municipio de California, ubicándose sobre la vía Vetas-California y la vía Angosturas- La Baja. En la vereda Móngora (Vetas), aflora una cuarzomonzonita de color gris claro, equigranular, con composición mineralógica Cuarzo, Plagioclasa y bajo contenido de Biotita y Muscovita, con algunas locaciones de Pirita (mineralización), y encontrándose fuertemente diaclasada (*figura 19, a*). En el sector de La Baja (California), esta Cuarzomonzonita se evidenció de tonalidad rosado claro, con presencia de oxidación (infiltración de aguas), altamente fracturada, con alteración de minerales y mineralización de sulfuros en gran extensión (Oro) (*figura 19, b*).

Figura 19 Cuarzomonzonita con evidencia mineralización hidrotermal (piritización). Vía Vetas-California, margen derecho, vereda Ortegón (Vetas). Coordenadas: 1303594 N 1127020 E 2251 m. Foto: Mantilla, S b) Cuarzomonozonita altamente fracturada debido a la actividad minera del sitio. Vía Angosturas-Casco urbano California, margen derecho, sector Tronadora. Coordenadas: 1304843 N 1126013 E 2141 m. Foto: Mantilla, S.

Porfido Dacítico (dp): Generalmente se encuentran como diques dacíticos con espesores aproximados de 50 m, tonalidad color gris claro, con composición mineralógica Cuarzo, Plagioclasa y Biotita (mineral accesorio) que cortan los grandes cuerpos de Cuarzomonzonita, aplita y pórfido (JRcgp), localizados a lo largo de los sectores Angosturas, La Baja, Tronadora y el Centro del municipio de California. Estos intrusivos se observaron moderadamente meteorizados y fracturados (*figura 20*).

Figura 20 Pórfido dacítico altamente fracturado, presentando meteorización y oxidación por infiltración de aguas. Vía Vetas- California, margen derecho, sector Tronadora (California). Coordenadas: 1303859 N 1126496 E 2192 m. Foto: Mantilla, S.

Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro (Jc): Esta unidad se observó de color rosado naranja a gris, de composición mineralógica: Biotita, Cuarzo, Plagioclasa y Feldespato potásico, abarca gran extensión de la Microcuenca Silgará y parte de la Microcuenca Salamaga, localizándose al Oriente del paso de la Falla Bucaramanga en el área de estudio. Se evidenció sobre las vías: Portachuelo – Villapaz – Misiguay – El Bambú, Trincheras – El Filo; encontrándose como suelo residual, altamente meteorizada debido a su composición *(figura 21, a)* y en algunos sectores de la Vía Rionegro – Playón cuerpos diaclasados y fragmentados *(figura 21, b)*.

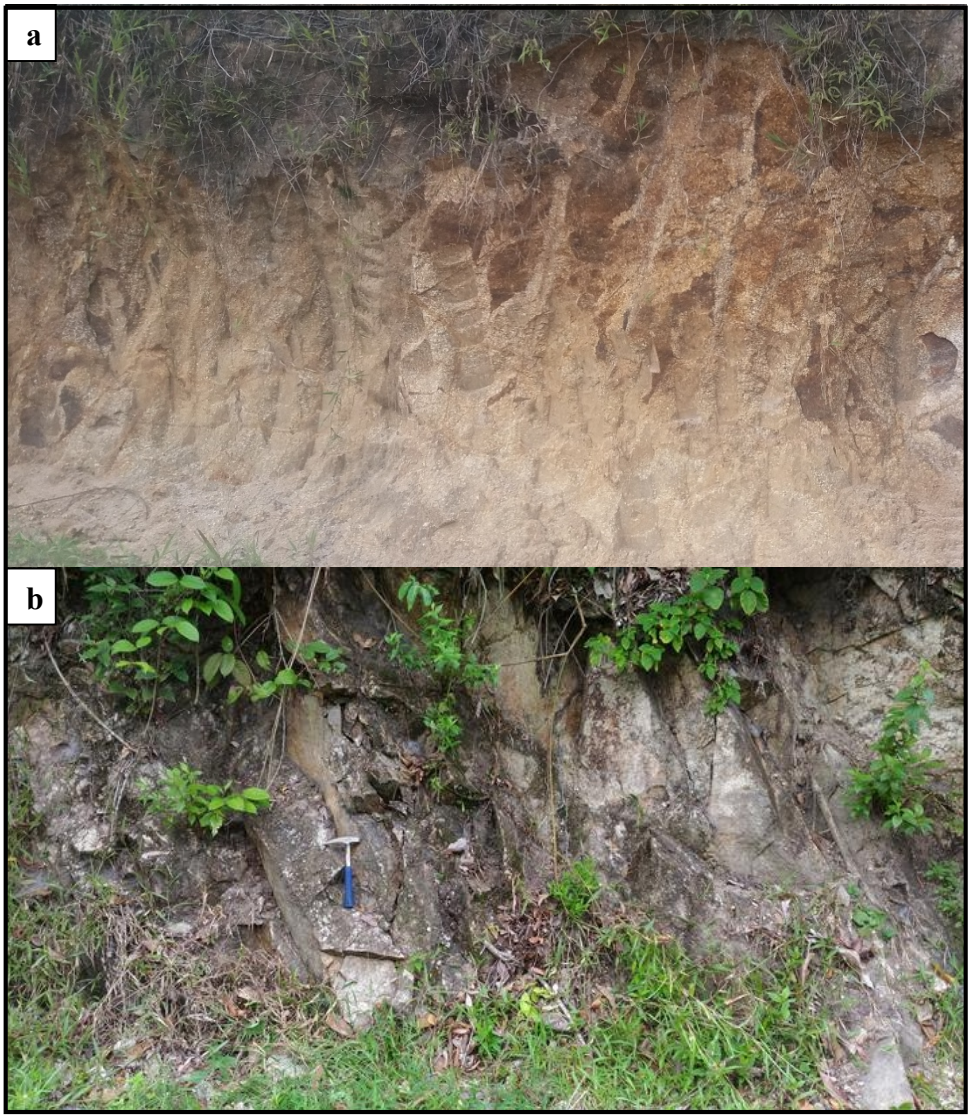

Figura 21 a) Cuarzomonzonita Biotítica altamente meteorizada (suelo residual). Vía Trincheras-El Filo. Coordenadas: 1396195 N 1101955 E. Foto: Jaimes, D b) Cuarzomonzonita diaclasada con orientación Az: 342/75. Vía Rionegro – El Playón. Coordenadas: 1305037 N 1099764 E. Foto: Jaimes, D.

Granodiorita del Batolito de Rionegro (Jgd): En algunos sectores de la vía La Virgen – Santa Cruz de la Colina, aflora esta unidad de textura fanerítica, color moteado blanco y gris, con composición mineralógica: Plagioclasa, Cuarzo, Biotita y Hornblenda, con alto grado de fracturamiento y meteorización moderada. Localmente sobre la misma vía, se observa como suelos

residuales arenosos de tonalidades rosadas debido al contenido de Feldespato potásico, debido al alto grado de meteorización que presenta *(figura 22)*.

Figura 22 Granodiorita Biotítica donde se observa un moderado grado de meteorización. Vía La virgen-Santa cruz de la Colina. Coordenadas: 1297923 N 1103052 E. Foto: Jaimes, D.

Rocas sedimentarias del Jurásico superior

Formación Bocas (Jb): En la Microcuenca Samacá, esta unidad abarca una franja con dirección paralela a la Falla Bucaramanga, sobre la vía Rionegro – Playón en el sector conocido como Samacá, observándose como intercalaciones de Limolitas y Lutitas de color gris, alto grado de fracturamiento y meteorización moderada. Por otro lado, en la Microcuenca Salamaga, sobre la vía Trincheras – Altamira, se encuentran Lutitas con alto grado de meteorización, de color gris parduzco pero con una pátina rojiza causada por intemperismo.

Figura 23 a) Limolita grisácea altamente diaclasada. Vía Rionegro-El Playón, margen izquierdo, sector Samacá. Coordenadas: 1301246 N 1101036 E Foto: Jaimes, D b) Lutita la Fm. Bocas con alto grado de meteorización, con tonalidades rosadas-naranjas. Vía Trincheras-Altamira. Coordenadas: 1307593 N 1095228 E. Foto: Jaimes, D

Formación Jordán (Jj): Esta unidad aflora cerca de taludes, laderas y cerros occidentales sobre la vía Rionegro – El Playón, 100 m adelante del cruce La Virgen, evidenciándose Lutitas de color marrón rojizo, con alto grado de fracturamiento y meteorización débil a moderada *(figura 24, a*).

En un fragmento de esta misma vía, específicamente a 50 m del restaurante La Hormiga, a margen izquierdo, se observaron capas gruesas de Arenisca de grano muy fino y tonalidad marrón rojizo *(figura 4, b).*

Figura 24 a) Lutitas marrón rojizo de la Fm. Jordán, altamente fracturadas y fragmentadas. Vía Rionegro-El Playón. Coordenadas: 1297110 N 1102195 E. Foto: Jaimes, D b) Arenisca de grano fino en capas gruesas. Vía Rionegro-El Playón. Coordenadas: 1296812 N 1102095 E. Foto: Jaimes, D

Formación Girón (Jg): En la vía El Alto-Páramo de Monsalve (Suratá), se localizaron Limolitas rojizas en capas gruesas (*figura 25, a*), con dirección de estratificación N20°E/44SW°, presentando un moderado fracturamiento. Se encuentra en contacto con un pequeño cuerpo de Cuarzomonzonita altamente meteorizado. Se observó sobre la vía La Playa- Matanza, una

Arenisca cuarzosa, en capas gruesas con estratificación S44°E/52°NE y con moderada meteorización, en contacto con calizas masivas grisáceas de la Fm Tablazo.

Al Oeste de la zona de estudio, esta unidad se evidenció sobre la vía que comunica las veredas Diamante – Tambor (Rionegro), donde se observaron Areniscas rojizas de grano fino a medio, con alto grado de fracturamiento; mientras que, sobre la vía Alto Bello – La Suiza (Rionegro), esta unidad se encuentra con alto grado de meteorización, conservando estructuras heredadas como diaclasas (*figura 25, b*).

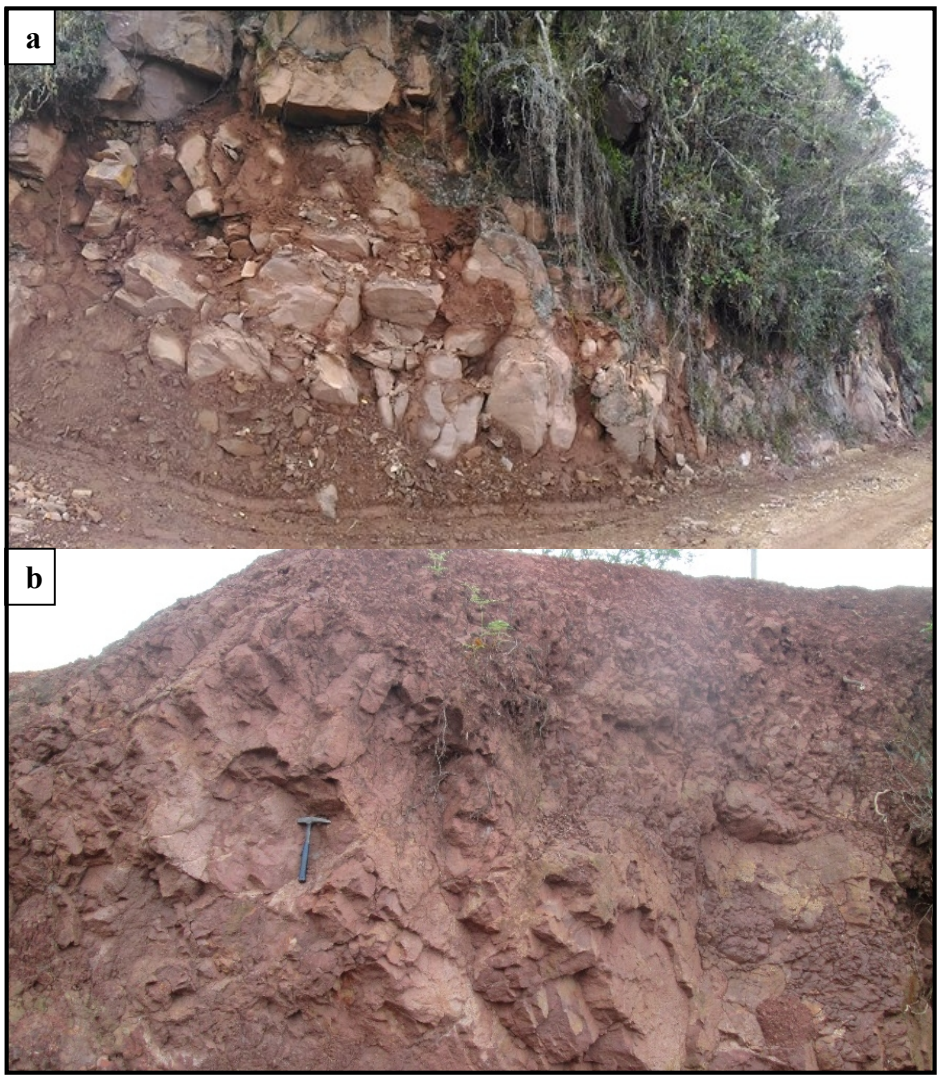

Figura 25 a) Limolitas rojizas fracturadas de la Fm Girón. Vía El alto-Paramo de Monsalve, margen derecho (Suratá). Coordenadas: 1324353 N 1125257 E 3196 m. Foto Mantilla, S b) Arenisca rojiza de grano fino. Vía Alto Bello – La Suiza (Rionegro). Coordenadas: 1298281 N 1096785 E. Foto: Jaimes, D.

Rocas sedimentarias, secuencia Cretácica

Formación Los Santos (Tambor) (Kita): Esta unidad se observó ampliamente al Este del área de estudio, aflorando sobre la vía La Playa- Charta; en intercalaciones de Arenisca cuarzosa con lutitas grises, presentando una dirección de estratificación N15°E/43°SE, débilmente meteorizadas y con moderada oxidación. En el barrio Los Ángeles (California), se evidenció capas gruesas de Arenisca intercalada con Lutita gris oscura en láminas, con tendencia de acuñamiento y dirección de estratificación N15°W/50°SW (*figura 26*). Sobre la vía Cerrillos- Centro (California), se localizaron capas más gruesas de Arenisca y Lutitas grises, oxidadas y meteorizadas. Sobre la vía principal California-Suratá, aflora capas más potentes de Arenisca gris, con dirección de estratificación N40°W/80°SW, oxidada y fuertemente fracturada; de este modo se localiza desprendiminetos de bloques, con diámetro entre 70-100 cm.

En los sectores El Volador (vereda El Salado) y en la vía Ovejera- El Salado (municipio de Matanza), las intercalaciones de Arenisca- Lutita se observaron altamente meteorizadas y con tendencia a plegamiento; y capas gruesas y compactas de Arenica-Lutita; con dirección de estratificación S43°W/38°SW, respectivamente.

Figura 26 Intercalaciones de Arenisca-Lutita de la Fm Los Santos (Kita) con tendencia a acuñamiento. Casco urbano de California, Barrio Los Ángeles. Coordenadas: 1304542 N 1124732 E 2022 m. Foto: Mantilla, S.

Formación Rosablanca (Kir): Se evidenció sobre la Vía principal California-Suratá, Calizas fosilíferas de color gris, con una alta meteorización, de esta manera, formándose caliche producto de la intensa disolución de la roca. En el sector del Centro del municipio de Charta, se observaron capas de Caliza fosilífera gris (esencialmente fragmentos de conchas de bivalvos), oxidada y moderadamente meteorizada (*Figura 26*), encontrándose en contacto con limolitas grises de la Fm Paja (Kip).

Figura 27 Capas gruesas de Caliza fosilífera de la Fm Rosablanca (Kir), moderadamente meteorizadas (disolución). Vía casco urbano Charta-Calle 2 (Charta). Coordenadas: 1296432 N 1123761 E 2200m. Foto: Mantilla, S.

Formación Paja (Kip): Sobre la vía El Alto- Páramo de Monsalve (Suratá), se localizaron shales negros, fisiles, moderadamente meteorizados y oxidados (alteración de minerales ferromagnesianos) (*figura 28, a*). En la vía principal del sector Pantanos (California), se localizó una intercalación de shales fisiles de tonalidad marrón con capas delgadas de Caliza, débilmente oxidados y meteorizados (*figura 28, b*).

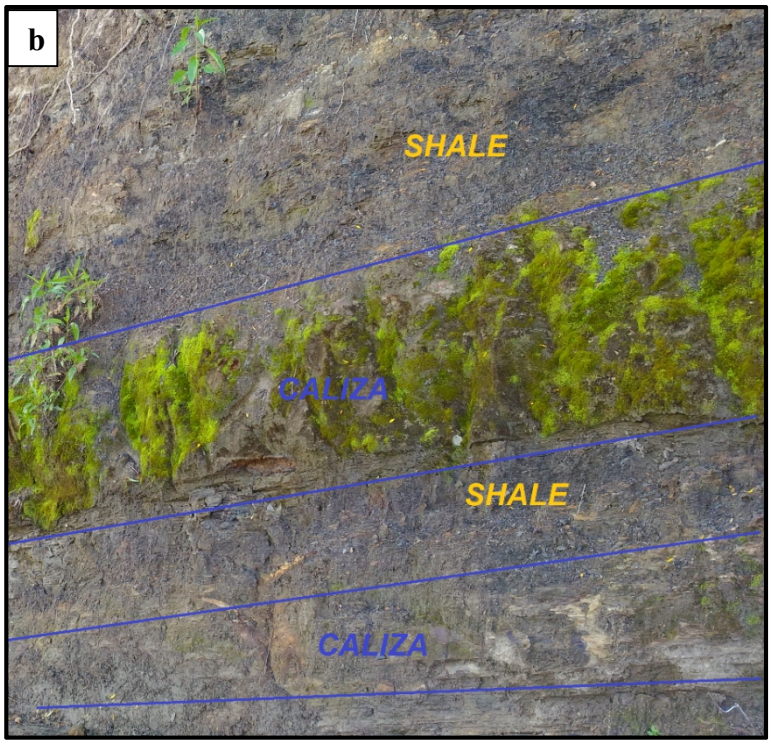

Figura 28 a) Shales negros, fisiles y meteorizados. Vía El Alto-Páramo de Monsalve. Coordenadas: 1315056 N 1123807 E 3115 m. Foto: Mantilla, S b) Intercalaciones de Shale-Caliza, moderadamente meteorizados. Vía Cerrillos-Pantanos (municipio de California). Coordenadas: 1304159 N 1123544 E 2052 m. Foto: Mantilla, S.

Formación Tablazo (Kit): La parte superior de esta unidad se evidenció sobre la vía Cerrillos-Centro (California), observándose calizas con tonalidad gris-negro, en capas delgadas, con dirección de estratificación N50°E/87°SE, altamente meteorizadas y oxidadas, por efecto de la humedad en el sitio (*figura 29*).

Figura 29 Caliza fragmentada y en capas delgadas de la Fm Tablazo. Vereda Cerrillos, California. Coordenadas: 1303135 N 1122805 E 2316 m. Foto: Mantilla, S.

Formación Simití (Kis): Esta unidad se observó a lo largo de la Vía Cerrillos- Pantanos (California), intercalaciones Arenisca calcárea con Lodolitas negras, en capas gruesas, con buzamiento casi vertical, con tendencia a plegamiento, débilmente meteorizadas (*figura 30, a*).Además, en sectores de esta vía, se evidencia intercalaciones de Caliza fosilífera con lodolitas negras Sobre la vía principal California- Suratá, en el sector de San Francisco, se observó un amplio segmento de estas intercalaciones de Arenisca – Lodolita calcárea, plegadas y conformando una serie de la secuencia de anticlinorios y sinclinorios de poco extensión con estratos verticalizados (*figura 30, b*). Sobre la vía Galápagos – Puyana, se observaron shales blandos, laminados, carbonáceos, con alto grado de fracturamiento y grado moderado a alto de meteorización *(figura 30, c).*

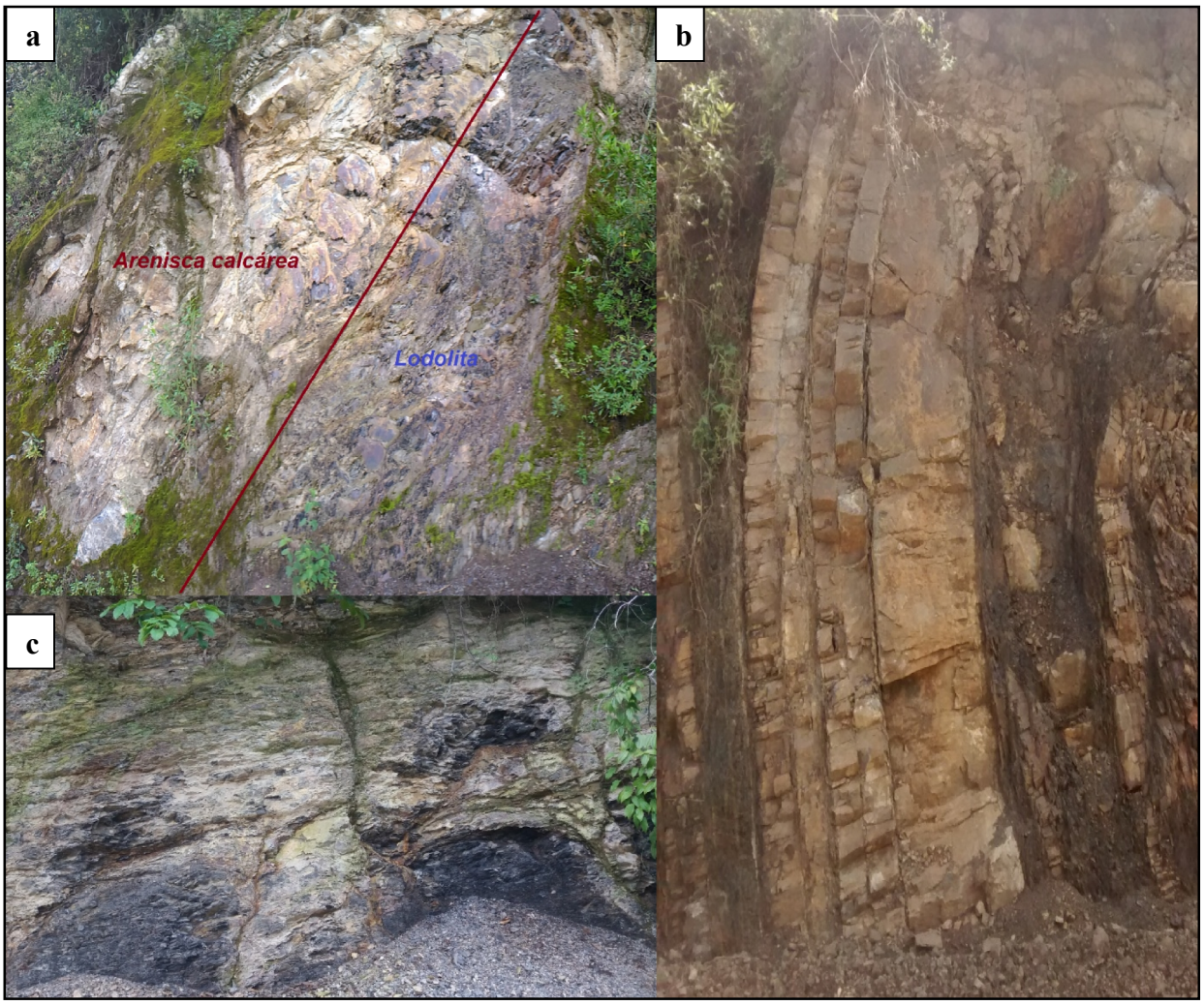

Figura 30 a) Intercalación de Arenisca calcárea con Lodolita negra fisil. Sector Cerrillos (California). Coordenadas: 1304164 N 1122994 E 2075 m. Foto: Mantilla, S b) Plegamiento de capas Arenisca calcárea y lodolita. Vía Suratá- California, sector San Francisco. Coordenadas: 1304979 N 1123169 E 1890 m. Foto: Mancera, A. Fuente: Unión temporal POMCA Río Alto Lebrija c) Shale fisil y carbonaceo. Vía Galapagos-Puyana (Rionegro). Coordenadas: 1304475 N 1090768 E. Foto: Jaimes, D.

Formación La Luna (Ksl): Esta unidad se localizó ampliamente sobre la vía principal que comunica los municipios de Matanza, Suratá y California. En el sector de Bulcaré (Matanza) se

evidenciaron intercalaciones de Caliza masiva y lodolitas calcáreas, con niveles de nódulos calcáreos, altamente fracturados y meteorizado, tras el paso de la Falla La Virgen (*figura 31, a*). Las capas de Caliza-Arcillolita calcárea presentan dirección de estratificación N26°W/66°SW, próximas a la Quebrada Bulcaré. En la vereda Bachiga (Matanza) se ubicaron intercalaciones de Chert, Arcillolita calcárea y niveles concrecionales, fracturados y moderadamente plegados (Figura 31). En el sitio El Palchal (Suratá), se observó un Chert, altamente fracturado, presentando dirección de foliación N15°W/58°SW, el cual se encuentra suprayaciendo capas gruesas y competentes de Lodolita calcárea (Figura 31).

Entre los sectores de San Francisco y Nueva Vereda (Suratá), la Fm La Luna se exhibe en gran parte de la vía, en donde se observaron capas de Chert y shale gris, fraturadas y fragmentadas, presentando plegamiento, tras el fallamiento local (*figura 31, b*). Se evidenciaron desprediemientos de material fracturado (detritos y bloques) afectando el tránsito normal de la vía.

En la Microcuenca Salamaga, en la vereda Miralindo, sobre la vía que comunica Galápagos con Peñas Negras, se observó un Chert de color gris oscuro a negro con concreciones, dirección de estratificación N38°E/35°SE, altamente fracturado y con meteorización moderada, presentando impregnaciones de asfalto *(figura 31, c)*.

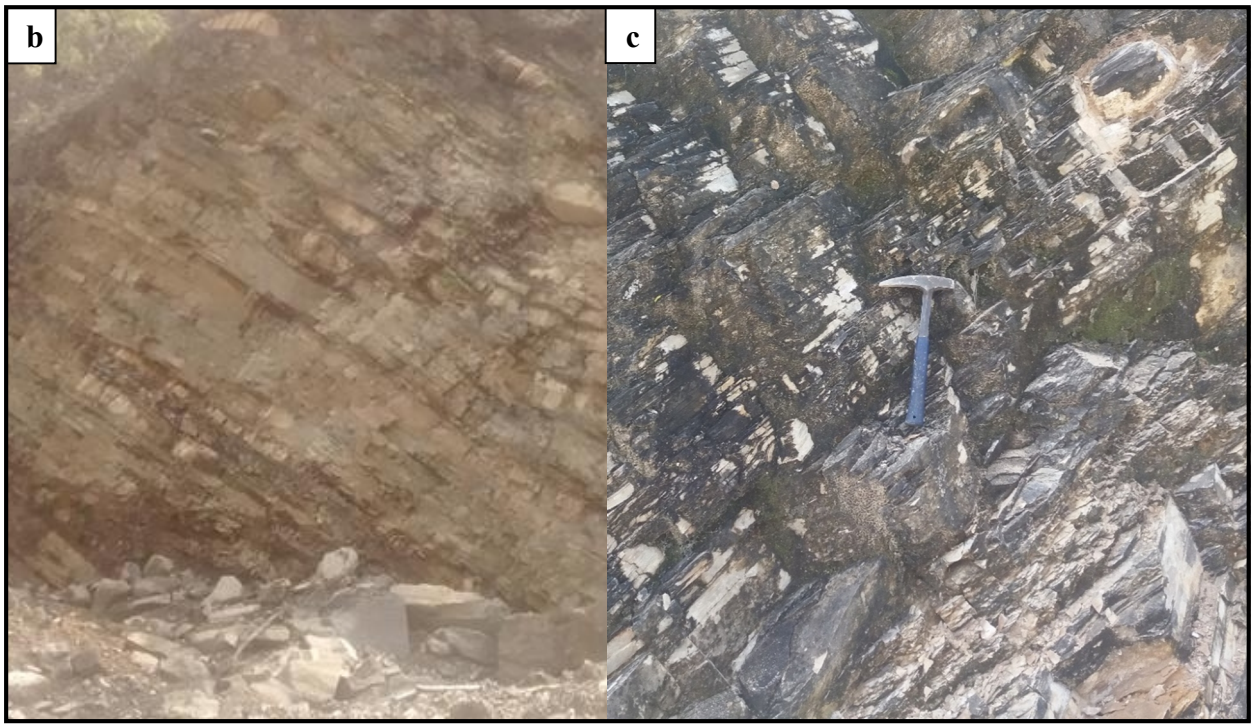

Figura 31 Intecalaciones de Caliza masiva con lodolitas calcáreas, con niveles de nódulos calcáreos. Vía Matanza-Suratá, margen derecho, en la vereda Bulcaré (Matanza). Coordenadas: 1303444 N 1119551 E 1662 m. Foto: Mantilla, S. Intercalaciones de capas gruesas de Caliza fosilífera con lodolitas calcáreas. Vía Suratá- California, margen derecho. Coordenadas: 1305079 N 1122322 E. Foto: Mancera, A. Fuente: Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015 c) Chert moderdamente meteorizado intercalado con lodolitas. Vía Galapagos-Peñas negras, vereda Miralindo (Rionegro). Coordenadas: 1303368 N 1090131 E. Foto: Jaimes, D.

Formación Umir (Ksu): Esta unidad aflora en el núcleo del sinclinal de Arévalo, encontrándose afloramientos en el margen izquierdo del río Salamaga, en el estribo izquierdo del puente peatonal a la escuela de Peñas Negras, observándose Chert gris oscuro a gris verdoso intercalado con láminas lodolita negra, con dirección de estratificación aparente NW buzando 23° hacia el SW, contiene concreciones de gran tamaño, y se observa altamente fracturado y un poco

plegado, el grado de intemperismo en esta zona es alto debido al paso del río Salamaga (*figura 32 a y b*).

Figura 32 a) Shale gris altamente fracturado, expuesto en el margen izquierdo del río Salamaga b) Concreciones de gran tamaño dentro de la Fm. Umir. Río Salamaga, vereda Peñas Negras (Rionegro). Coordenadas: 1301897 N 1092203 E. Foto: Jaimes, D.

Depósitos Cuaternarios

Depósitos aluviales de Cauce (Qal): Esta unidad está representada por lo depósitos como cantos subredondeados y redondeados presentes a lo largo de los cauces de los principales ríos presentes en el Norte de la cuenca del Río Alto Lebrija, entre estos: río Vetas, río Suratá, río Suratá y río Negro *(figura 33, a y b).*

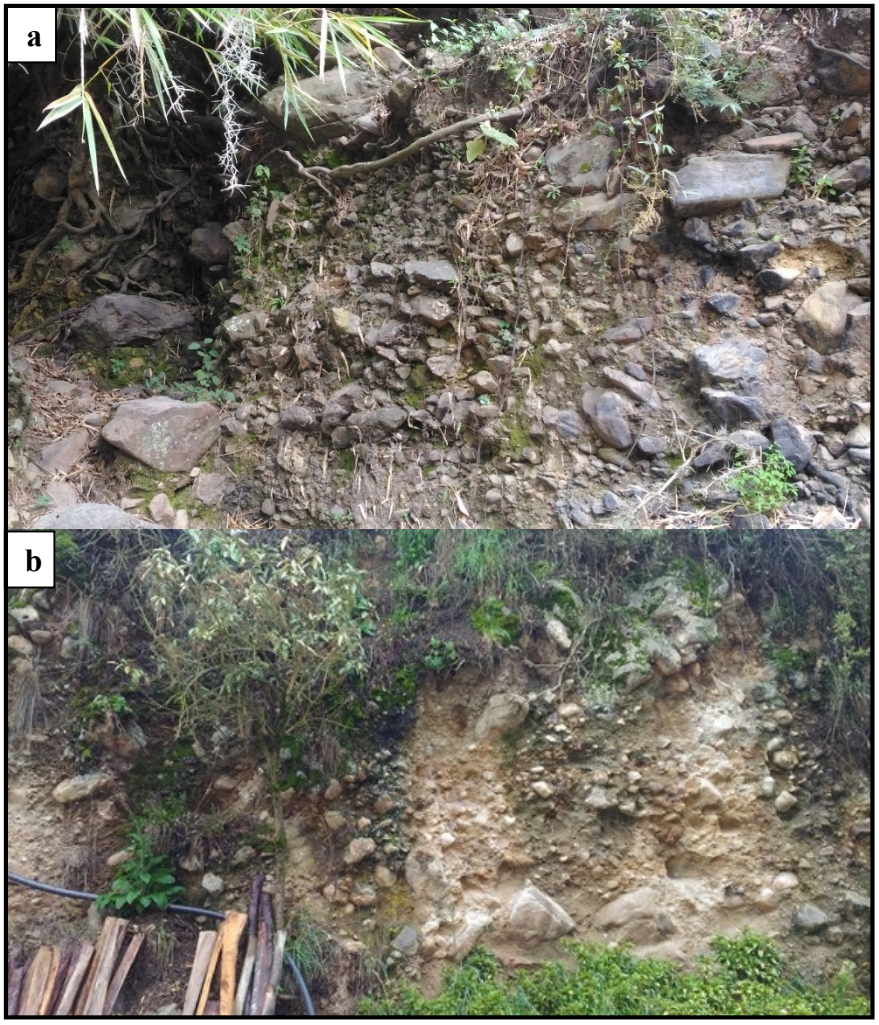

Figura 33 a) Depósito aluvial de clastos subredondeados a angulares, dentro de una matriz arcillosa-limosa, correspondiente al Río Suratá. Entrada a la vereda El Palchal, Suratá. Coordenadas: 1307456 N 1121379 E 1755 m b) Depósito aluvial con clastos subredondeados a

redondeados, dentro de una matriz arenosa-limosa, correspondientes al río Vetas. Casco urbano de Vetas, barrio La Isla. Coordenadas: 1299919 N 1133085 E 3256 m. Fotos: Mantilla, S.

Depósitos coluviales (Qc): Al Oriente de la zona de estudio, se localizaron depósitos de coluvión en las microcuencas Vetas y Suratá Alto, encontrándose en fragmentos de las vías: Volcán-El Salado (municipio de Vetas), Suratá-California y sector Cabrera-Ovejera (municipio de Matanza). En general, estos depósitos presentan clastos y bloques de origen metamórfico de unidades litoestratigráficas como Neis de Bucaramanga, Ortoneis y Formación Silgará (*figura 34, a*), también cabe mencionar, coluviones con clastos de origen sedimentario procedente de formaciones como Fm La Luna, Fm Rosablanca y Fm Simití *(figura 34, b).*

Figura 34 a) Depósitos coluviales con clastos de origen metamórfico (Neis de Bucaramanga). Vía Volcán-El salado, margen derecho. Coordenadas: 1302340 N 1133303 E 3357 m b) Depósitos coluviales con clastes subangulares pertenecientes a la Fm La Luna. Vía Suratá-California, margen derecho, sector Nueva Vereda. Coordenadas: 1306326 N 1121720 E 1845 m. Fotos: Mantilla, S.

Terrazas y cono de deyección (Qtf): Hacia el Este de la Zona norte, se localizaron Terrazas Bajas (Qt1) generadas principalmente por acumulación de materiales aluviales depositados por los ríos Suratá y Charta *(Figura 35, a y b).*

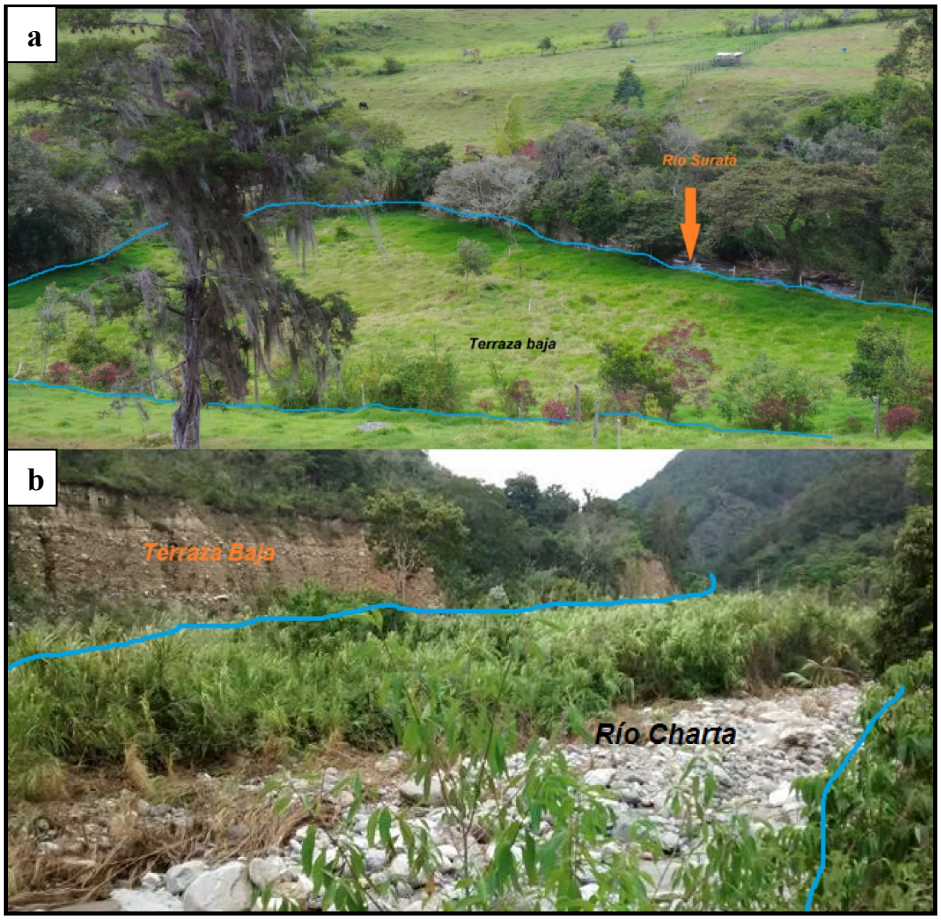

Figura 35 a) Terraza baja del río Suratá, cuya acumulación reciente de materiales alcanza una altura de 2 m. Vía Pánaga-Matanza. Coordenadas: 1305783 N 1120810E 1689 m. Foto: Mantilla, S b) Terraza baja del río Charta, alcanzando una altura aproximada de acumulación de 10 m. Vía

La Playa-Charta, margen izquierdo. Coordenadas: 1296699 N 1115327 E 1480 m. Foto: Mancera, A. Fuente: Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

7.2 Estructuras

El Norte de la cuenca Río Alto Lebrija presenta rasgos estructurales importantes y de carácter regional como fallas mayores, asimismo, se localizan estructuras menores como fallas secundarias y plegamientos, generando deformación y fractura de las unidades litoestratigráficas aflorantes entre las microcuencas Vetas, Suratá Alto, Charta, Silgará, Samacá, Santa Cruz y Salamaga. El control estructural, ha conllevado a modificaciones en el relieve y en los patrones de drenaje de la zona, que en conjunto a agentes externos, originan procesos morfodinámicos que afectan directamente a la preservación de la cuenca hidrográfica.

De esta manera, a continuación se describen las estructuras mayores y menores, evidenciadas en campo.

- **Fallas Mayores**

Se evidencia el paso de la Falla de Bucaramanga, a lo largo de la vía Rionegro-El Playón, atravesando el paisaje montañoso de la zona y generando un alto fracturamiento y diaclasamiento sobre las rocas de las formaciones: Bocas (Jb), Jordán (Jj) y Girón (Jg) y los grandes cuerpos de Cuarzomonzonita (Jc) y Granodiorita (Jgd) del Batolito de Rionegro. A nivel geormofológico, la Falla de Bucaramanga, está representada por un ambiente Estructural – Denudacional, dentro del cual, se describen Sierras denutativas, Laderas estructurales, Escarpes de línea de Falla, entre otros, además; de desarrollarse un patrón de drenaje tipo rectangular asociado a la afuente principal de

Río Negro (cuyas aguas van en dirección de la fallas) y sus afluentes secundarias como el río Santa Cruz y río Salamaga (*Figura 36, a y b*).

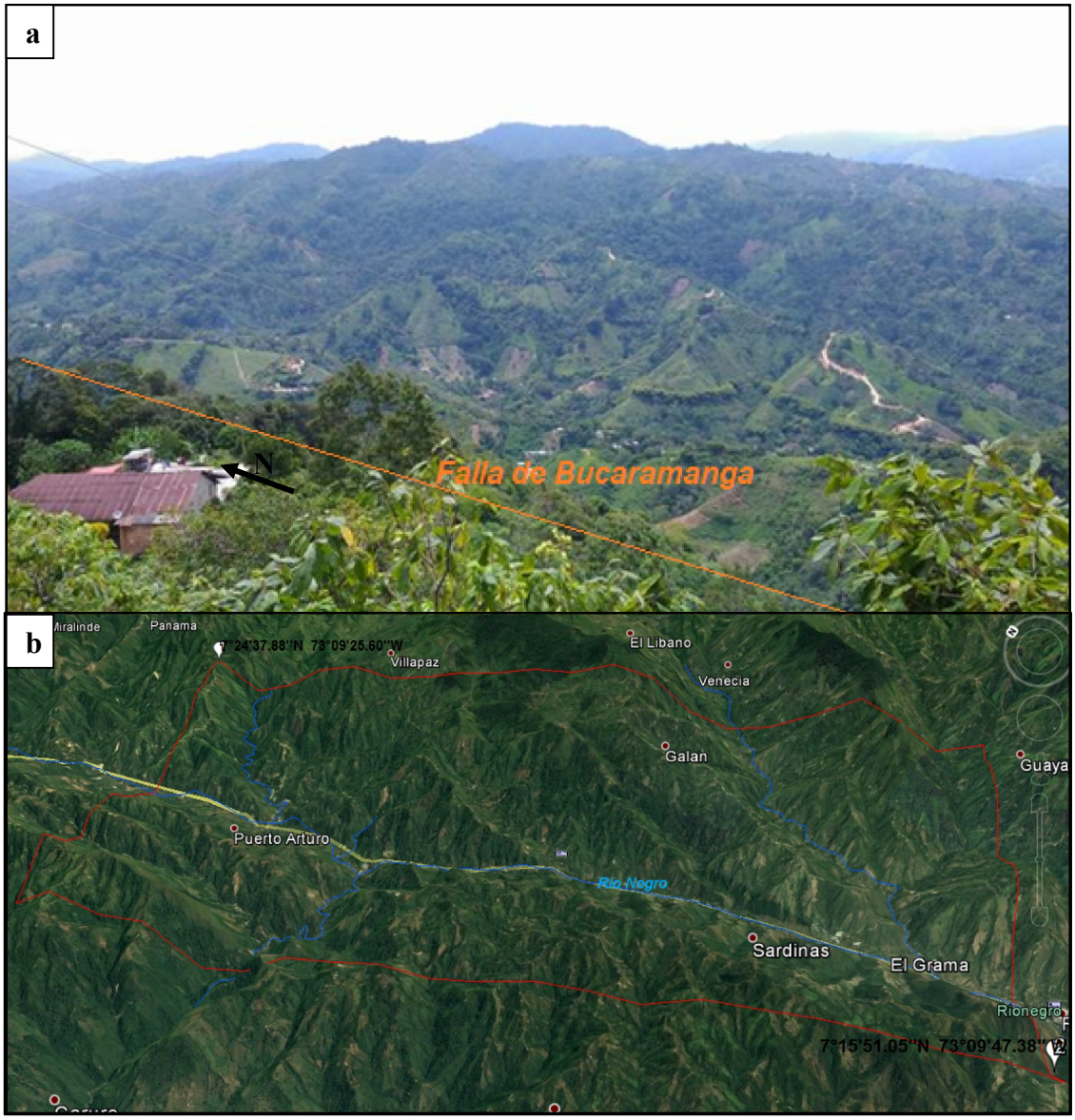

Figura 36 a) Panorámica con orientación N-S, que presenta el trazo de la Falla de Bucaramanga sobre Sierras denudadas en los sectores de Panamá y Miraflores (Rionegro). Coordenadas: 1302072 N 1100053 E. Foto: Mantilla, S b) Imagen del patrón de drenaje tipo rectangular

representado por el Río Negro y sus alfuentes secundarias tras el paso de la Falla de Bucaramanga. Tomado y editado de Google Earth: https://www.google.com/intl/es/earth/

Por otra parte, en el municipio de Matanza, se observa el trazo de la Falla Suratá (*figura 37*), siguiendo la dirección del río que lleva su mismo nombre y atravesando extensos segmentos de las formaciones: La Luna y Silgará, que afloran en la zona. Geomorfológicamente la falla Suratá, caracteriza un ambiente estructural, enmarcado por laderas de contrapendiente, laderas estructurales y espolones festoneados, acompañado por un intenso fracturamiento y plegamiento de la litología, que trae consigo el aumento de procesos de remoción en masa.

Figura 37 Panorámica del municipio de Matanza desde el sector de Santa Bárbara con orientación SW-NE, indicándose el paso de la Falla de Suratá en la zona. Coordenadas: 1301442 N 1118113 E 1866 m. Foto: Mantilla, S.

En el alrededores de Los Sitios, en la vereda Ovejera, municipio de Matanza, se observa el trazo de la Falla del río Charta, la cual caracteriza un ambiente estructural, definido por laderas estructurales de rocas metamórficas de la Formación Silgará e intrusivos de Cuarzomonzonitas y Granitos (*figura 38*).

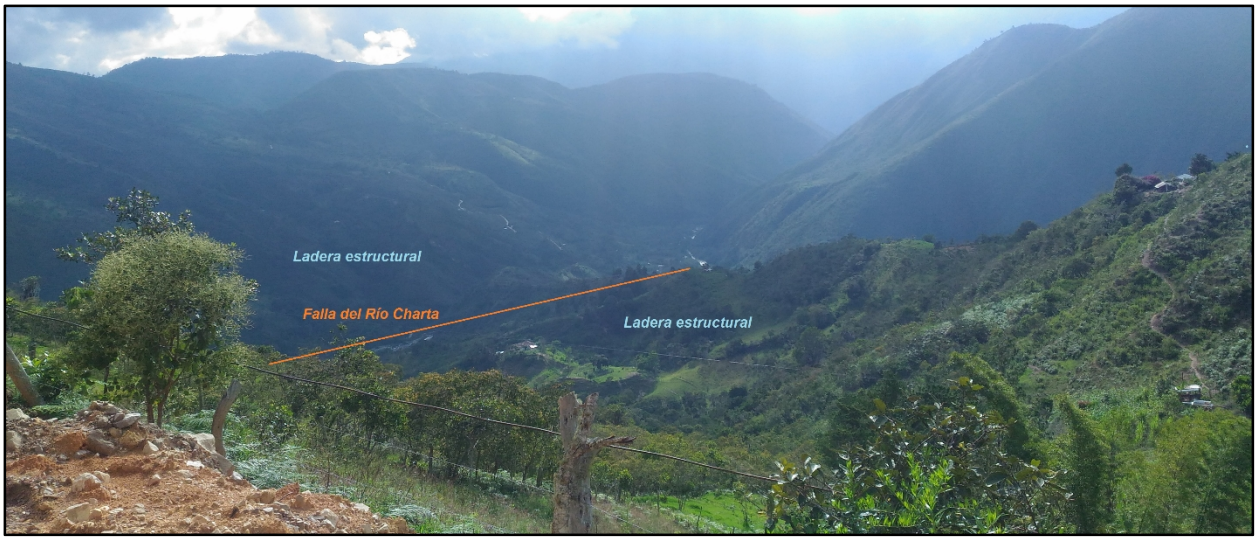

Figura 38 Panorámica desde el sector Los Sitios, observándose el paso de la Falla del río Charta, con orientación S-N. Coordenadas: 1298346 N 1117850 E 1915 m. Foto: Mantilla, S.

- **Plegamiento**

Al Noreste de la cuenca del Río Alto Lebrija se localizan en gran extensión plegamientos menores sobre rocas metamórficas y rocas sedimentarias.

En los sectores de San Francisco, Nueva Vereda (municipio de Suratá) y Pantanos (municipio de California), se observó un plegamiento local, producto de la deformación generada por la falla inferior de la quebrada La Baja y demás fallas inferidas con dirección NW-SE, que afectan la parte superior de la formación Simití (Kis) presente en la zona *(figura 39, a)* e intrcalaciones de Caliza-Lodolita pertenecientes a la Formación La Luna (Ksl) *(figura 39, b)*.

A lo largo de las veredas Báchiga, Guamal y Cabrera, se evidencia una estructura microplegada de esquistos micáceos de la Formación Silgará (pDs), como resultado del trazo de la Falla de Suratá. Asimismo, sobre la vía Matanza-Suratá, este fallamiento afecta las calizas fosilíferas de las Formación La Luna (Ksl) (*Figura 40*).

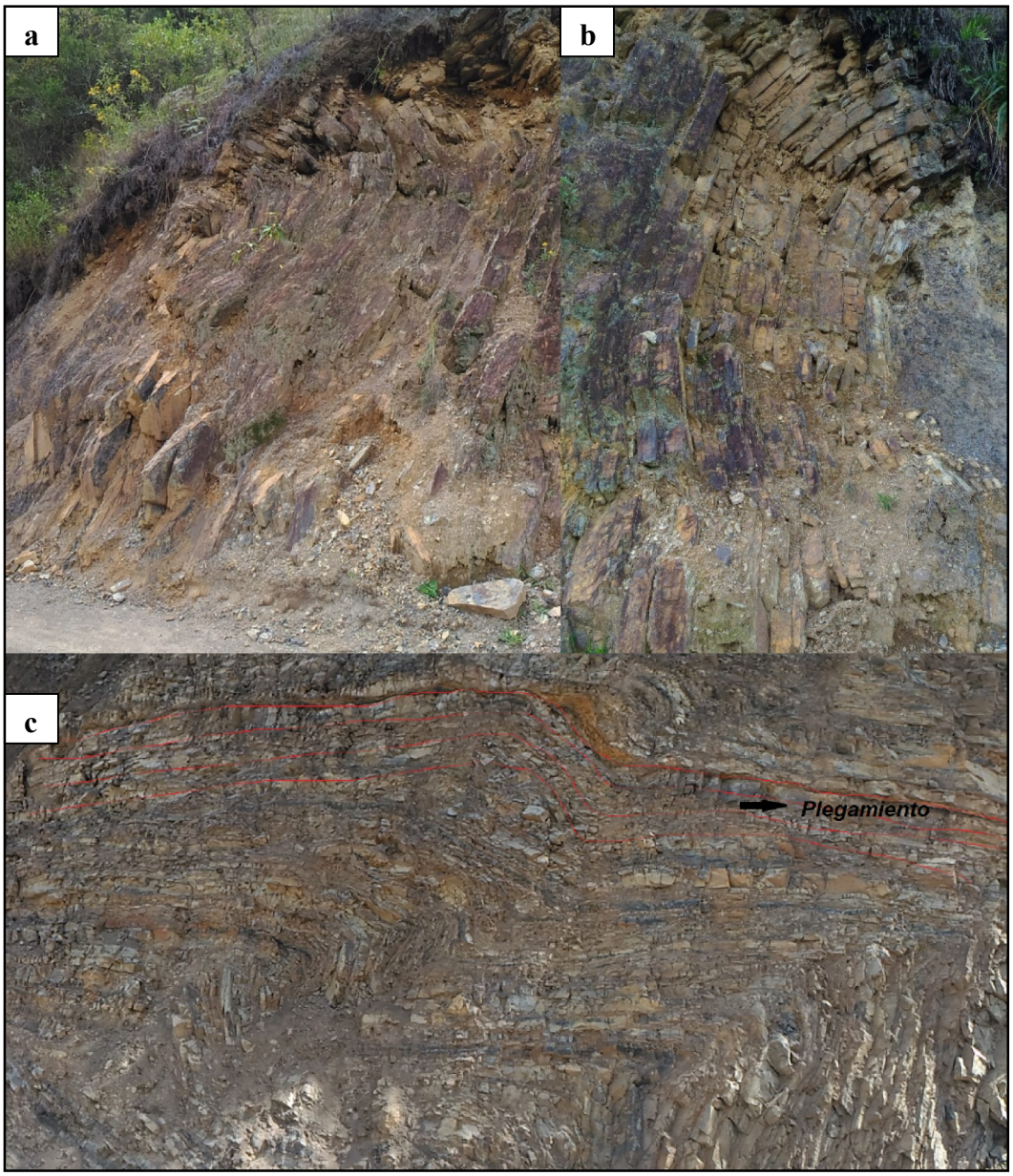

Figura 39 a) y b) Capas plegadas de arenisca calcárea de la Fm Simití. Sector Pantanos (California). Coordenadas: 1304301 N 1123824 E 2043 m c) Capas plegadas de Caliza-Lodolita calcárea. Vía Suratá- California, sector San Francisco. Coordenadas: 1305171 N 1122162 E 1863 m. Fotos: Mantilla, S.

Figura 40 Capas de Caliza-Lodolita-nódulos calcáreos con tendencia a plegamiento de la Fm La Luna. Vereda Bulcaré (Matanza). Coordenadas: 1303444 N 1119551 E 1662 m. Foto: Mantilla, S.

- **Fallas Menores**

Se localiza una falla inferida sobre la formación Umir (Ksu), que corta la estratificación de las capas de shales negros, los cuales afloran sobre el Río Salamaga, en el sector de Peñas Negras (municipio de Rionegro) (*figura 4, a*). Sobre la vía La nevera- Páramo Rico, en el sector El Boquetin, se identificó una microfalla en la unidad del Neis de Bucaramanga (neis biotítico-hornbléndico), que corta la dirección de foliación de la roca en sentido SE-NW (*figura 41, b*).

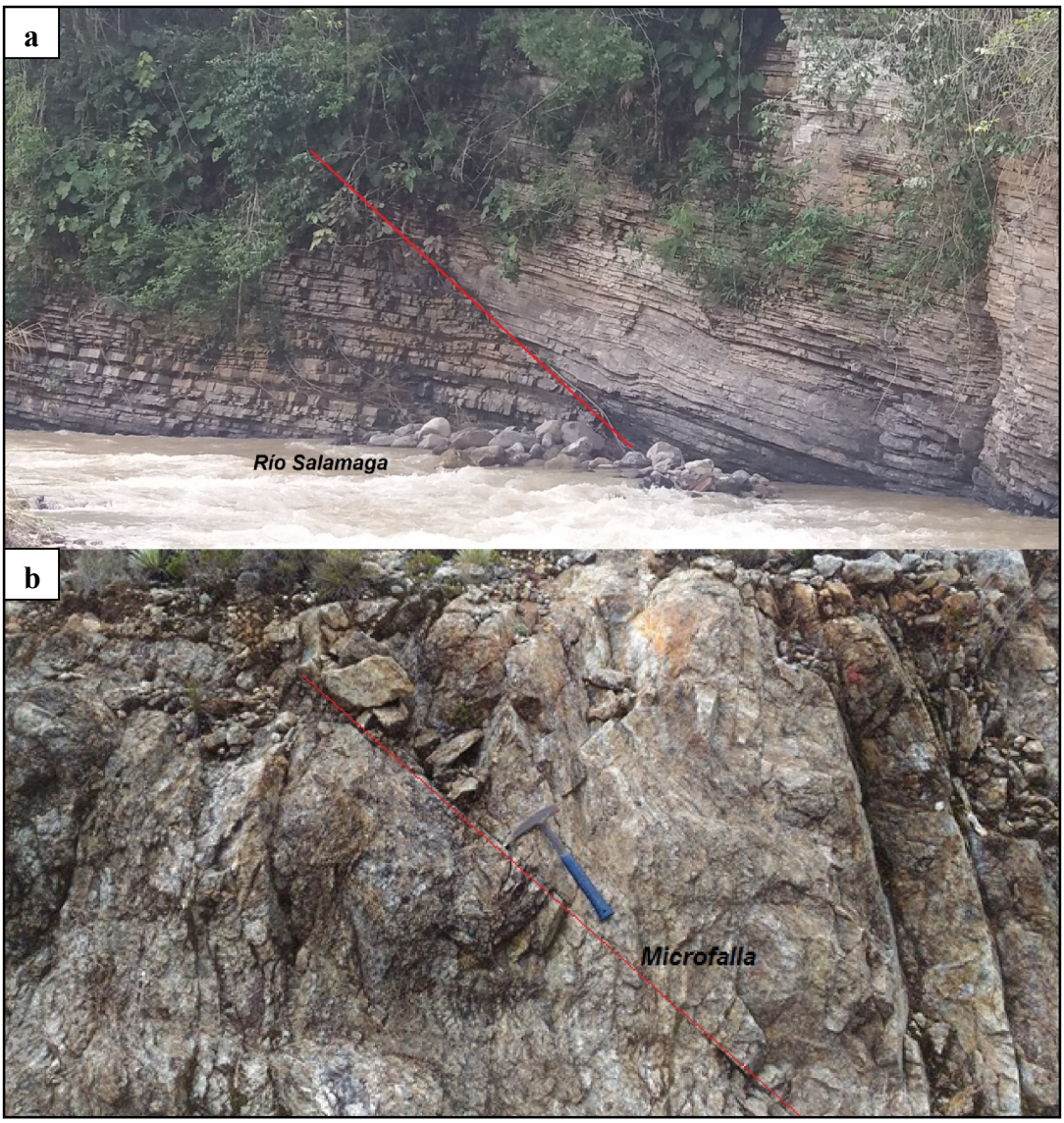

Figura 41 a) Falla que corta la estratificación de shales negro de la Fm Simití. Vereda Peñas Negras. Coordenadas: Coordenadas: 1301897 N 1092203 E. Foto: Jaimes, D b) Microfalla con orientación NW-SE, que corta la foliación del Neis biotitico-hornblendico en el sector de El Boquetin (Vetas). Coordenadas: 1296654 N 1129463 E 3648 m. Foto: Mantilla, S.

8 Geomorfología Del Norte De La Cuenca Del Río Alto Lebrija

La forma del relieve y el paisaje que se localiza en el Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija, está caracterizado por unidades geomorfológicas de origen Denudacional, Estructural, Fluvial y Glacial y/o Periglacial, identificadas a partir del reconocimiento en campo y fotointerpretación de la zona de estudio.

A continuación se describen las subunidades geomorfológicas debidamente diferenciadas y cartografiadas *(figura 42, ver Apéndice G) (Tabla 2).*

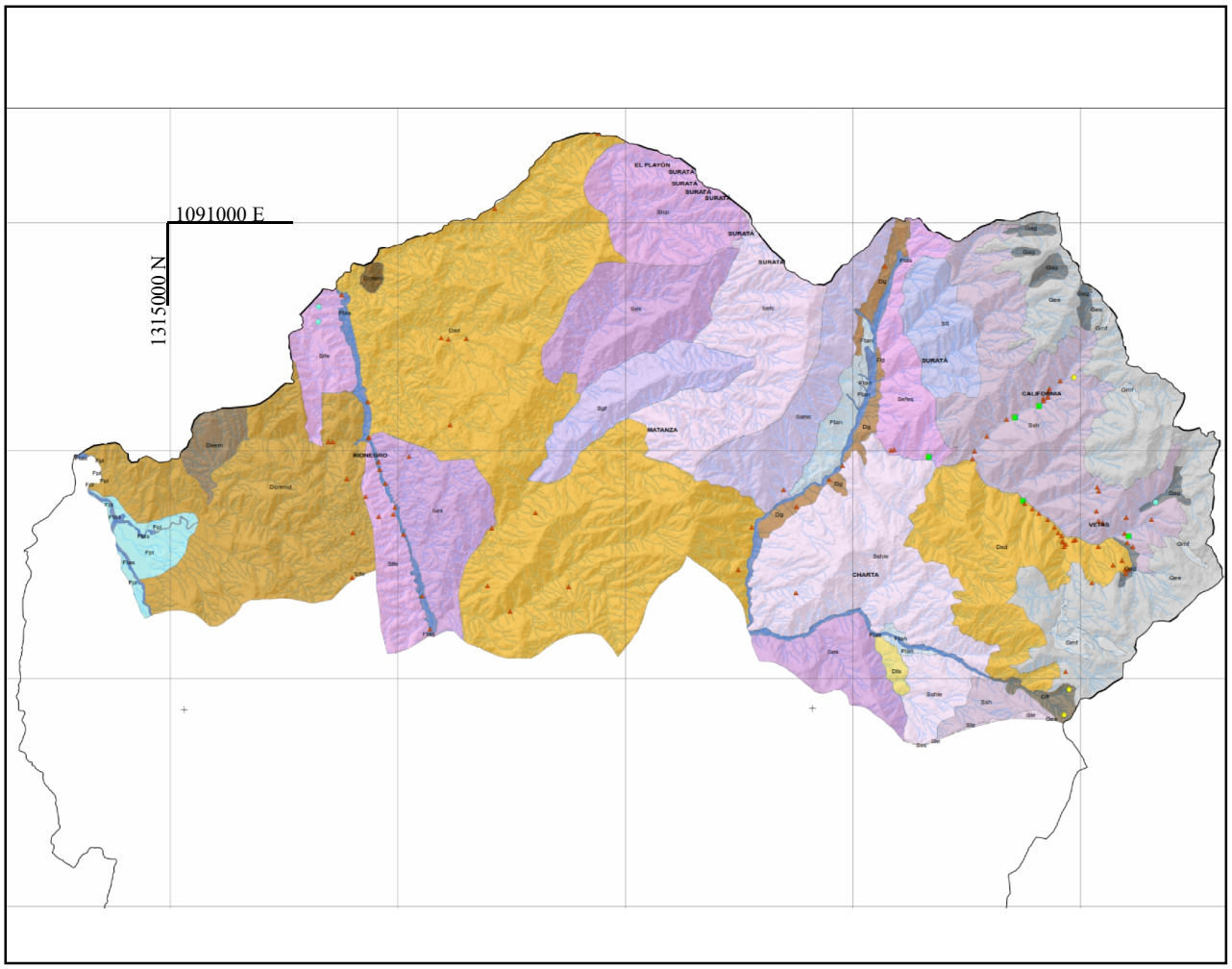

Figura 42 Imagen del Mapa Geomorfológico del Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija. Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015.

Tabla 2

Geomorfología del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	
	NOMBRE	NOMENCLATURA
UNIDAD DENUDACIONAL	Cerro remanente	Dcrem
	Colina Remanente muy disectada	Dcremd
	Cono de flujo indiferenciado	Dft
	Escarpe de erosión mayor	Deem
	Glacis	Dg
	Sierra denudada	Ds
	Terraza sobreelevada "colgada"	Dts
UNIDAD ESTRUCTURAL	Faceta triangular	Sft
	Escarpe de línea de falla	Slf
	Espolón	Ses
	Espolón Facetado	Sefc
	Espolón Festoneado	Sefes
	Gancho de Flexión	Sgf
	Ladera de Contrapendiente	Slcp
	Ladera de Contrapendiente de Sierra Homoclinal	Sshlc
	Ladera Estructural de Sierra Homoclinal	Sshle
	Sierra Homoclinal	Ssh
UNIDAD FLUVIAL	Cauce aluvial	Fca
	Plano o llanura de inundación	Fpi
	Terraza de acumulación antigua	Ftan
	Terraza de acumulación subreciente	Ftas
UNIDAD GLACIAL Y/O PERIGLACIAL	Artesa Glacial	Gag
	Espolón estructural glaciado	Gee
	Morrena de fondo	Gmf

8.1 Unidades y Subunidades Geomorfológicas

8.1.1 Unidad Denudacional

Está caracterizada por geoformas que morfológicamente están definidas por procesos moderados e intensos de erosión, meteorización y transporte gravitacional y pluvial, que remodelan unidades preexistenetes y se crean nuevas a partir de la acumulación de sedimento (SGC, 2015).

En el Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija, se localizaron las siguientes subunidades de ambiente denudacional:

Cerro remanente (Dcrem): Prominencias topográficas aisladas de morfología colinada, alomada o montañosa que sobresalen de la topografía circundante. La unidad presenta cimas agudas a redondeadas, laderas de longitud moderadamente corta a larga de forma convexa. Su origen se asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial acentuada y antigua. Incluye los cerros semienterrados en sedimentos recientes (SGC, 2015). Esta geoforma se observa en la Vereda La Ceiba del Municipio del Playón, hacia el margen izquierdo de la Vía que va de Trincheras hacia el Filo.

Figura 43 Cerro remanente Localizado en la vereda La Ceiba (Playón). Coordenadas geográficas: 7° 25’ 16,19” N; 73° 10’ 34,68” W. Tomada y Editada de Google Earth: https://www.google.com/intl/es/earth/

Colina remanente muy disectada (Dcremd): Prominencias topográficas aisladas con una altura entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima aguda a redondeada 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 V y un índice de relieve bajo a moderado. Su origen es relacionado a procesos de denudación intensos (SGC, 2015).

Esta geoforma se encuentra al Occidente de la vía principal Rionegro – Playón, sobre las Veredas del Municipio de Rionegro: San José de Arévalo, Halirimante, Tambor, La Pradera, La Paz, Florencia Caballito, El Bambú, Puyana, Miralindo y Centenario.

Figura 44 Colinas Remanentes muy disectadas. Coordenadas geográficas: 7° 18’ 55,06” N; 73° 13’ 09,78” W Foto: Tomada y Editada de Google Earth: https://www.google.com/intl/es/earth/

Cono de Flujo Indiferenciado (Dft): Estructura en forma de lóbulo o abanico de morfología alomada convexa, con una longitud muy larga a extremadamente larga, abrupta a muy abrupta. Se origina a partir de avalanchas torrenciales inducidas por eventos sísmicos o cambios climáticos asociados a lluvias torrenciales (SGC, 2015).

Esta subunidad geomorfológica se desarrolla sobre Neis bioitico-horbléndico, Anfibolita y Migmatica, que afloran a lo largo del sector El Roble, observándose fracturamiento de la roca por deformaciones ocasionadas tras el paso de la Falla del Río Charta, además, se evidencia material moderadamente meteorizado y fragmentado.

Figura 45 Cono de Flujo Indiferenciado, inducido por el paso de la Falla del río Charta, los materiales transportados se depositan sobre la afluente principal (río Charta). Coordenadas: 1294574 N 1130464 E 3714 m. Foto: Mantilla, S.

Escarpe de erosión mayor (Deem): Según el SGC (2015), esta subunidad corresponde a una 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.

Esta geoforma se observa en las Veredas Galápagos y Puyana del Municipio de Rionegro.

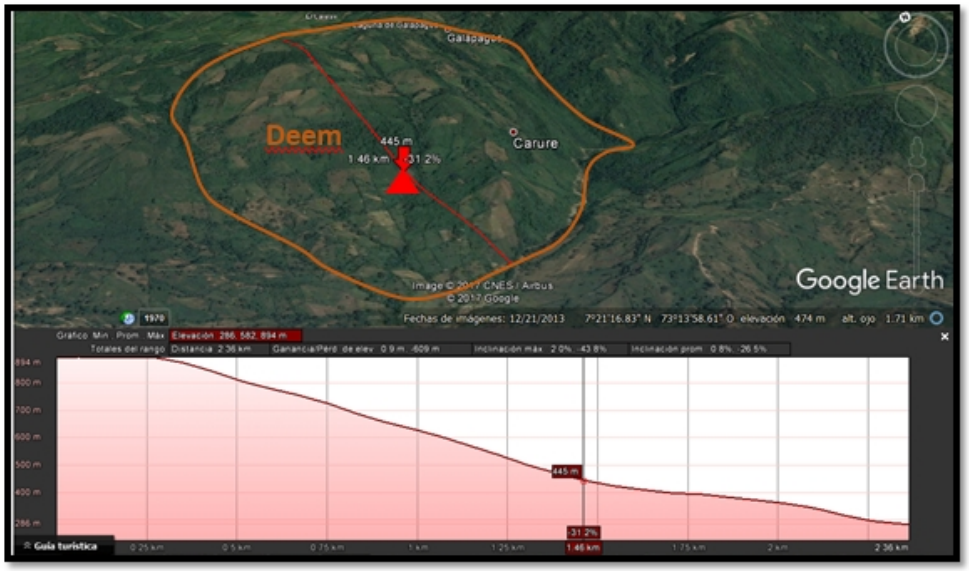

Figura 46 Escarpe de Erosión Mayor. Coordenadas geográficas: 7° 21’ 20,32” N; 73° 14’ 13,02” W Foto: Tomada y Editada de Google Earth. https://www.google.com/intl/es/earth/

Glacis (Dg): Superficie de erosión de longitud moderadamente larga a muy larga, cóncava, suavemente inclinada, esculpida en roca por procesos de escorrentía superficial a la base de una montaña en condiciones climáticas áridas a semiáridas. Su origen es relacionado a procesos de

erosión, que remueven gradualmente capas de roca de poca resistencia dispuestas sobre secciones de alta resistencia (SGC, 2015).

Esta subunidad, se identifica entre los municipios de Matanza y Suratá, desarrollándose debajo de las laderas de contrapendiente y en capas incompetentes de la Fm La Luna.

Figura 47 Panorámica de la vereda Panaga (Suratá), identificándose Glacis debajo de la ladera del paisaje montaña, al Norte con respecto al Río Suratá. Coordenadas: 1305783 N 1120810E 1689 m. Foto: Mantilla, S

Sierra denudada (Dsd): Según la propuesta metodológica para el glosario geomorfológico del SGC (2015), consiste en una 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.

Esta subunidad se evidencia hacia el sector oriental de la vía principal Rionegro – Playón, en las veredas del Municipio de Matanza: Quebraditas, Alto Bravo, Bremen, San Carlos, Capilla, Aventino y Vega Grande; y En las Veredas: Honduras La Estación, Guayana, Valparaíso, Colorada, Misiguay, Aguada, Aguablanca, Miraflores y Panamá Sector de las Cruces, todas del

Municipio de Rionegro. También se localiza, entre límites de los municipios Vetas, California y Charta, situada en topografía importante del sitio como el conocido Alto El popo, Alto El Piramidal y Loma El Codo.

Figura 48 Panorámica donde se observa la geoforma Sierra denudada en las Veredas Panamá y Miraflores, Municipio de Rionegro. Coordenadas de observación: 1302072 N 1100053 E Foto Mantilla, S.

Terrazas sobreelevadas colgadas (Dts): Plano o superficie denudada de morfología alomada y colinada, de pendientes suavemente inclinadas que aparecen como relictos de antiguas terrazas y modelados fluviales, emplazados a una altura mayor que el nivel base del cauce actual. Corresponden a zonas afectadas por tectonismo o áreas donde los procesos de erosión son más influyentes que los de depositación (SGC, 2015).

Esta subunidad se identifica en el municipio de Charta, desarrollada sobre secuencias de rocas sedimentarias cretácicas, y enmarcada por el fallamiento local y saliente de la Falla del río Charta, que corta perpendicularmente estas formaciones; por ende, se observa como una terraza de acumulación antigua moderadamente deformada.

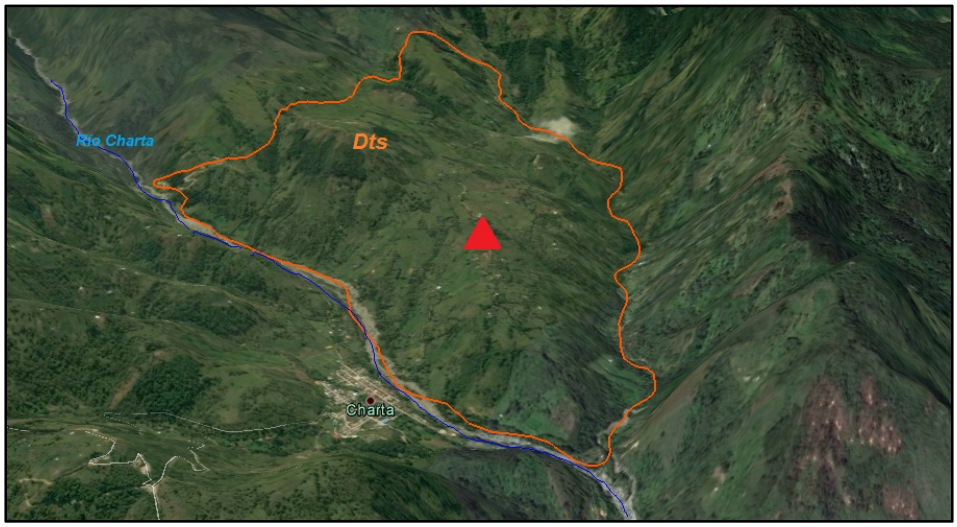

Figura 49 Terraza sobreelevada "colgada". (Municipio de Charta). Coordenadas geográficas: 7°16'2.42''N 72°57'51.53''W 2197 m. Tomado y editado de Google Earth. https://www.google.com/intl/es/earth/

8.1.2 Unidad Estructural

Representada por subunidades 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 (SGC, 2015).

En el Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija, se localizaron las siguientes subunidades estructurales:

Faceta triangular (Sft): Plano vertical a subvertical abrupto, recto con una geometría en planta triangular a trapezoidal (base amplia y techo angosto). Su origen se relaciona al truncamiento y

desplazamiento de relieves estructurales o de interfluvios, por procesos de fallamiento (en este caso, paso de la falla Suartá) y posterior erosión diferencial (SGC, 2015).

En el área de estudio, se localizan facetas triangulares en el municipio de Suratá , entre las veredas Páramo de Monsalve, El Palchal y San Francisco (parte alta). Están desarrolladas sobre rocas cretácicas de la Formación Los Santos y Formación Rosablanca.

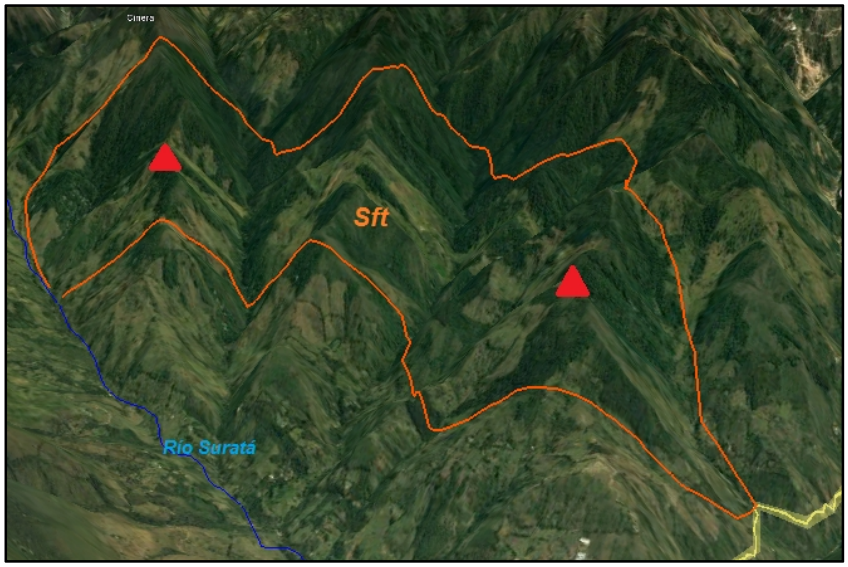

Figura 50 Facetas triangulares. Sectores Paáramo de Monsalve y El Palchal. Coordenadas: 7°24’56.81’’N 72°57’22.25’’W; 7°22’18.53’’N 72°57’13.08’’W. Tomado y editado de Google Earth: https://www.google.com/intl/es/earth/

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 (SGC, 2015).

Esta geoforma se visualiza al margen izquierdo de la vía principal Rionegro – Playón, cubriendo las Veredas: Unión de Galápagos, Alto Bello, La Ceiba, Altamira, La Paz, Carpinteros y San Pablo; del Municipio de Rionegro.

Figura 51 Escarpe de Línea de la Falla Bucaramanga. Coordenadas geográficas: 7° 17’ 58,67” N; 73° 10’ 05,05” W Foto: Tomada y Editada de Google Earth.

Espolón (Ses): Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos (SGC, 2015).

Esta geoforma se observa en el Municipio de Matanza, en las Veredas: Plazuelo, Santa Ana, Sinaí, Líbano y un sector de Paramillo. Al Este del área de estudio, se evidencia sobre la vía principal La Playa-Charta, entre las veredas Pico y Palma, Los Pantanos y La Cristalina.

Figura 52 Espolones. Coordenadas geográficas: 7° 24’ 40,63” N; 73° 04’ 37,56” W Foto: Tomada y Editada 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 (SGC, 2015). En las Veredas: Paramillo, Santa Martha, El Filo y Sucre; del Municipio de Matanza, se observan claramente Espolones Faceteados.

Figura 53 Espolones Faceteados. Coordenadas geográficas: 7° 23’ 11,83” N; 73° 01’ 43,19” W Foto: Tomada y Editada de Google Earth.

Espolón Festoneado (Sefes): Laderas y crestas simétricas de morfología alomada, cimas agudas, pendiente muy inclinada a muy abrupta, forma recta a cóncava, dispuestas perpendicularmente al rumbo de las estructuras geológicas definiendo salientes cortas y largas. La geoforma está constituida por la alternancia de niveles duros y blandos altamente disectados (SGC, 2015).

Esta subunidad se localiza las veredas al Este del área de estudio, a lo largo de las veredas Aguablanca, Cartagua, El Palchal, Nueva vereda y San Francisco; del municipio de Suratá; asociada al paso de la Falla Suratá, en dirección Nororeste.

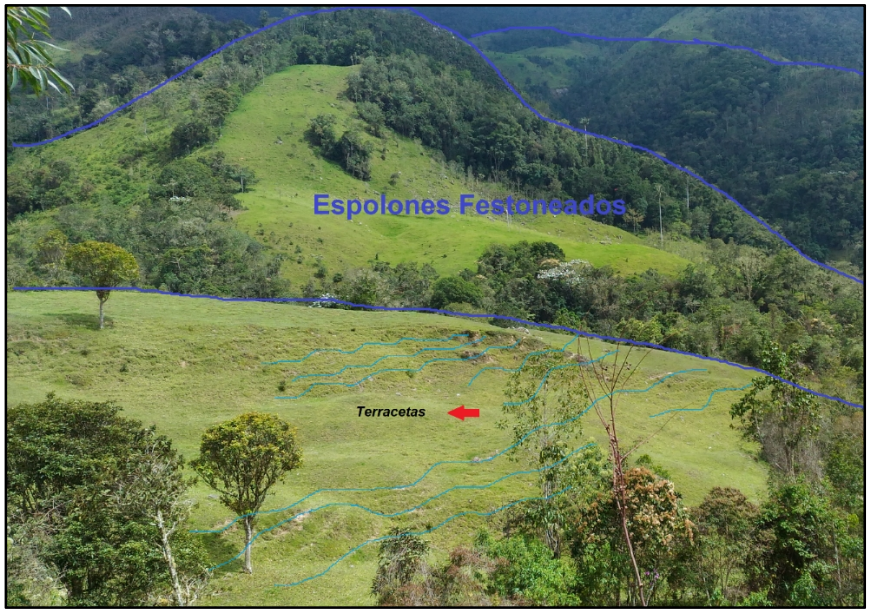

Figura 54 Panorámica de Espolones Festoneados, en el sector El Palchal (Suratá). Se observan terracetas (patas de vaca) com efecto de la erosión producida por al actividad ganadera. Coordenadas: 1313344 N 1122626 E 2469 m. Foto: Mantilla, S.

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.

Este tipo de espolón se encuentra al Oriente del Corregimiento Santa Cruz de la Colina, abarcando las Veredas: Sucre, La Loma y El Filo; del Municipio de Matanza.

Figura 55 Gancho de Flexión. Coordenadas geográficas: 7° 22’ 39,06” N; 73° 04’ 01,96” W Foto: Tomada y Editada de Google Earth.

Ladera de Contrapendiente (Slcp): Según la propuesta metodológica para el glosario geomorfológico del SGC (2015) esta geoforma consiste en una 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. Estas laderas se pueden observar desde la vía Miraflores - El Filo – Máveda, sobre el límite de los Municipios Rionegro, Playón y Matanza.

Figura 56 Laderas de Contrapendiente. Coordenadas geográficas: 7° 26’ 36,88” N; 73° 03’ 17,33” W Foto: Tomada y Editada de Google Earth.

Figura 57 Ladera de Contrapendiente en la Vereda Máveda, vista desde la vía El Filo – Máveda. Coordenadas: 1317670 N1111885 E. Foto Jaimes, D.

Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc): Superficie vertical a subvertical moderada a larga, de forma cóncava, escalonada, festoneada a irregular, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada a una estructura homoclinal (SGC, 2015).

Esta subunidad se identifica entre los municipios de Matanza y Suratá, desarrollada sobre rocas de la formación La Luna, generada a partir del control estructural del paso de la falla de Suratá.

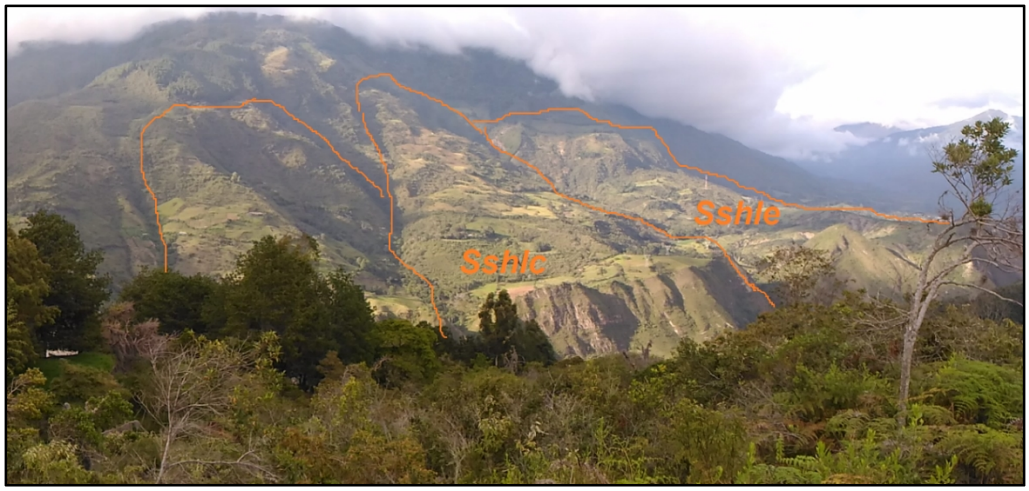

Figura 58 Laderas de contrapendiente de Sierra Homoclinal: Panorámica de Matanza. Sector Santa Barbara. Coordenadas: 1301442 N 1118113 E 1866 m. Foto: Mantilla, S.

Ladera estructural de Sierra Homoclinal (Sshle): Superficie definida por la inclinación de los estratos a favor de la pendiente, de longitud corta a moderada larga, formas rectas a convexas y pendientes escarpadas a muy escarpadas, relacionada a una estructura homoclinal (SGC, 2015).

Se localizan laderas estructurales entre los municipios de California, Suratá, Matanza y Charta; desarrolladas sobres rocas metamórficas (Fm Silgará) y rocas sedimentarias del Jurásico (Fm Girón) y Cretácico (Fm Rosablanca, Fm Paja, Fm Tablazo, Fm Simití, Fm La Luna).

Figura 59 Ladera estructural de Sierra Homoclinal: Panorámicas desde el sector Cerrillos (California). Coordenadas: 1304159 N 1123544 E 2052 m. Foto: Mantilla, S.

Sierra Homoclina (Ssh): Prominencia topográfica simétrica o ligeramente simétrica elongada y de morfología montañosa a colinada de cimas agudas. Definida por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados (>35°) en la misma dirección. Generalmente es producto del desarrollo o erosión de un solo flanco de una estructura geológica (SGC, 2015).

En el norte de la Cuenca río Alto Lebrija, se ubica una gran extensión de sierras homoclinales a lo largo de las microcuencas Vetas, Suratá Alto y Charta. De esta manera, esta subunidad se identifica entre las veredas Chopo Alto, Ortegón y La Chorrera, en el municipio de Vetas; que caracteriza una zona de relieve montañoso estructural-erosional, modelado por el fallamiento normal que afecta el área.

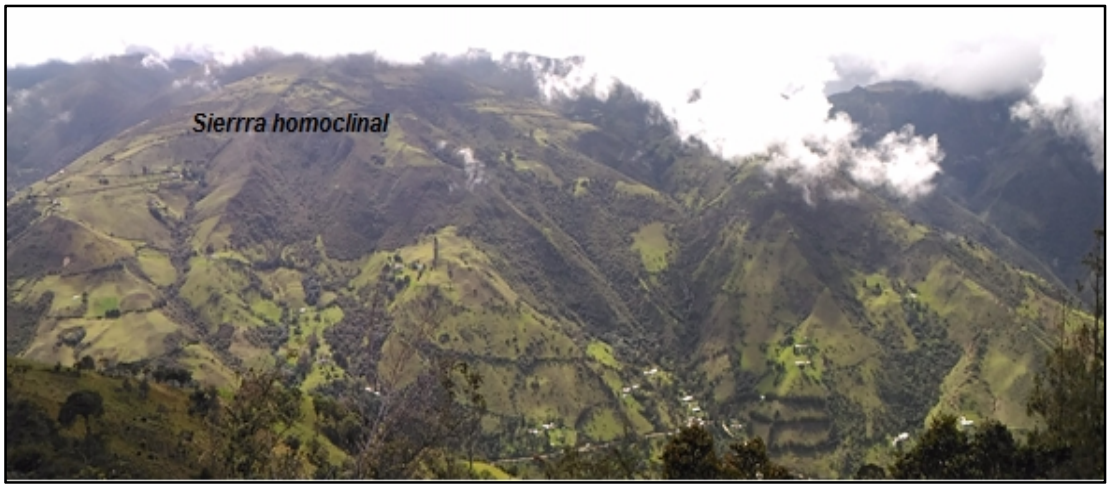

Figura 60 Panoramica desde el secto Chopo Alto, identificándose las Sierras Homoclinales en la zona. Coordenadas: 1301767N 1131773 E 3323 m. Foto: Mantilla, S.

8.1.3 Unidad 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 (SGC, 2015).

En el Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija, se localizan las siguientes subunidades de ambiente fluvial:

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.

Figura 61 Cauce Aluvial del Río Salamaga, y sus respectivas Terrazas de acumulación Subrecientes. Coordenadas: 1301897N 1092203E. Foto: Jaimes, D.

Plano o llanura de inundación (Fpi): Según el SGC (2015), es una 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.

Esta llanura se observa claramente a los alrededores del Río Salamaga, en las Veredas: Tambor, Peñas Negras y Miralindo, del Municipio de Rionegro; y Vanegas del Municipio de Lebrija.

Figura 62 Llanura de inundación del Río Salamaga, en la Vereda Tambor – Peñas Negras, Municipio de Rionegro. Coordenadas: 1302256 N 1089866 E. Foto Jaimes, D

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.

Se observa que el casco urbano del municipio de Vetas, se encuentra construido y edificado sobre una Terraza de acumulación antigua producto de los materiales arrastrados por el Río Vetas y circundada por pendientes de espolones estructurales de origen glacial-periglacial.

Figura 63 Panoramica del municipio de Vetas, desde el sector Chopo Alto. Coordenadas: 1301767N 1131773 E 3323 m. Foto: Mantilla, S.

Terraza de acumulación subreciente (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).

En la Zona Norte de la Cuenca se observan las Terrazas de acumulación Subrecientes de los Cauces Aluviales: Rio Negro, Río Salamaga, Río Lebrija, Río Suratá, Río Vetas, Río Charta.

Figura 64 Terrazas de acumulación Subrecientes del Río Salamaga. Coordenadas: 1301897N 1092203E. Foto: Jaimes, D.

8.1.4 Unidad Glacial y/o periglacial

Comprende 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 (SGC, 2015).

Al Nororiente de la cuenca del Río Alto Lebrija, se localizan las siguientes subunidades geomorfológicas de ambiente periglacial, que modelan un paisaje glacial en la zona:

Artesa Glacial (Gag): Considerada una depresión continua e irregular limitada por laderas muy cortas a largas, con pendientes escarpadas y fondos planos. Por lo general su perfil tiene forma en U y su origen se asocia con una masa de hielo canalizada que excava o excavó profundos valles. Es una forma característica de la actividad erosiva de los glaciares (SGC, 2015).

Las artesas glaciares se evidencian al Oriente de la zona de estudio, en los municipios de Vetas (veredas Páramo Rico, Ortegón alto, Mortiño y El Salado), California y Suratá (Vereda Páramo de Monsalve). El patrón de drenaje predominante en estas subunidades es dendrítico. Están desarrolladas sobre unidades de depósitos de características fluviales alojados en la parte baja y márgenes de río, y de origen fluviotorrencial como producto de procesos de inundación intensa. En estas artesas glaciares el grado de erosión fluvial va de ligero a moderado, observándose valles en "U" ahondados y valles fluviales, respectivamente.

Figura 65 Artesa Glacial en el sector de Páramo de Monsalve (municipio de Suratá). Coordenadas: 1314217 N 1125504 E 3250 m. Foto: Mantilla, S.

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 (SGC, 2015).

Entre los municipios de Charta, Vetas, California y Suratá, se evidencian Espolones Estructurales glaciados, entre la vía Vetas-El Salado, vía principal Vetas- California y vía El Alto-vereda Páramo de Monsalve (Suratá). En el predio "El Pajarito", en la vereda El Salado (Vetas) se localizan espolones estructurales glaciados, observándose estrías glaciares como resultado de la erosión generada por el deshielo durante el Pleistoceno, acompañados por la formación de lagunas, reflejando el paisaje periglaciar de la zona. Generalmente, dichos Espolones Estructurales glaciados se encuentran constituidos por rocas metamórficas y migmatitas.

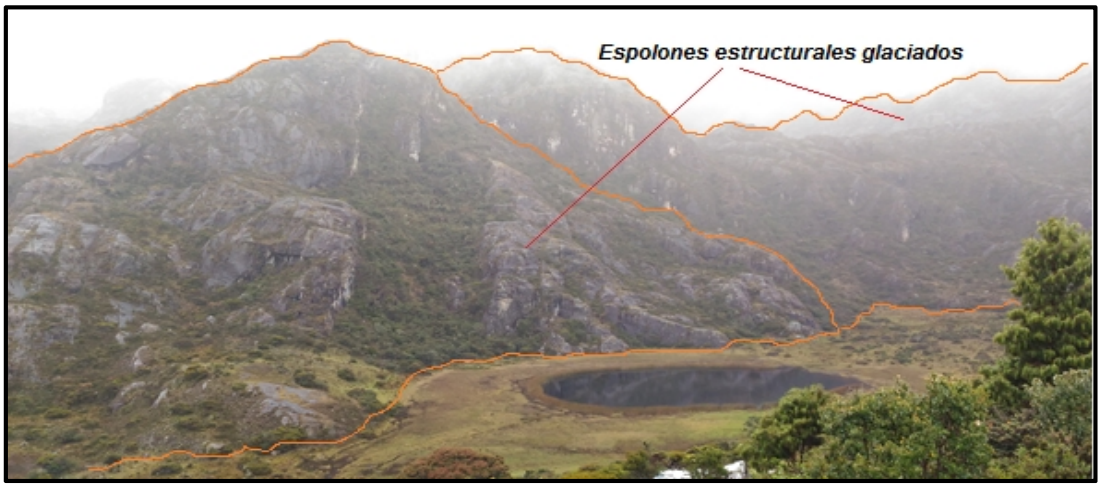

Figura 66 Espolones estructurales glaciados en el sector Laguna El Pajarito, vereda El Salado, municipio de Vetas. Coordenadas: 1302765 N 11350050 E 3561 m. Foto: Mantilla, S.

Morrena de fondo (Gmf): Montículos de forma alomada localizados en el fondo de los valles glaciales, constituidos en general de fragmentos de roca angulares dispuestos caóticamente en

matriz arcillosa o arenosa muy compacta. Está asociada con la depositación de grandes masas de sedimento, producto de del transporte y acumulación por la masa de hielo y particularmente por la acción de corrientes fluviales producto de deshielos, ya sea durante la época de glaciación o una vez terminados los eventos estadiales (SGC, 2015).

Esta subunidad se observa entre los sectores de La Nevera, Mortiño, Páramo Rico y Ortegón. Las morrenas desarrolladas son extensas y alargadas, trayendo consigo la acumulación de depósitos glaciales (bloques aborregados).

Figura 67 Morrena de fondo observada en el sector La Nevera, finca El Boquetín. Se identifican algunos bloques aborregados acumulados. Coordenadas: 1296654 N 1129463 E 3648 m. Foto: Mantilla, S.

8.2 Inventario de Procesos Morfodinámicos en el área de estudio

En el Norte de la Cuenca del Río Alto Lebrija se identificaron diferentes fenómenos de remoción en masa, clasificados de acuerdo al tipo de movimiento y mecanismo de ruptura en Deslizamientos, Caída de bloques, Flujos y Avenidas torrenciales; considerando variables como propiedades de la litología, uso del suelo actual y el clima.

Tipos de Movimientos de Remoción en masa

Deslizamiento: Movimiento de masa de suelo o roca, generado a lo largo de una superficie de falla o de una zona con gran deformación cortante. “En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales” (GEMMA, 2007).

Deslizamiento Traslacional: Es un tipo de deslizamiento ocurre frecuentemente a lo largo de una superficie de fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o suelo transportado. “En los casos en que la traslación se realiza a través de un sólo plano se denomina deslizamiento planar” (Hoek y Bray, 1981) en GEMMA (2007). El deslizamiento en cuña es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre si e intersectan la cara de la ladera o talud (GEMMA, 2007).

Figura 68 Deslizamiento translacional en forma de cono sobre Depósitos coluviales (Qc). Se evidencia una moderada erosión en surcos. Desplazamiento gravitatorio de material residual y orgánico. Activo intermitente. Sobrecarga y saturación de agua como causas de ocurrencia. Se localiza sobre la vía Vetas-California, margen izquierdo, en el sector La Toma. Coordenadas: 1301933 N 1129353 E 2549 m. Foto: Mantilla, S.

Deslizamiento Rotacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava en rocas poco competentes. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (GEMMA, 2007).

Figura 69 Panorámica de Deslizamiento rotacional en Suelo residual de Tonalita (JRtgd). Se evidencia erosión en cárcavas y tierras malas. Presenta una geometría irregular. Antiguo y estabilizado. El principal detonante de ruptura es la infiltración de aguas, observándose desplazamiento de restos vegetales. Localizado sobre la vía Vetas-California, margen izquierdo. Coordenadas: 1302618 N 1128331 E 2380 m. Foto: Mantilla, S.

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 muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída" (Varnes, 1978); (en GEMMA, 2007).

Figura 70 Flujo de detritos en la Fm BocasPresente forma de cono, observándose elementos geomorfológicos como la corona, flancos y protuberancia del pie. Fracturamiento sobre la roca, pendiente, lluvia y saturación como causantes del movimiento. Se encuentra en estado durmiente, registrando amenaza por alud sobre la población de la zona. Localizado en la vía Trincheras-Altamira, en el sector La Ceiba (Rionegro). Coordenadas: 1311279 N 1097304 E. Foto: Jaimes, D.

Caída de Bloques: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca, se desprenden de una ladera, sin que ocurra desplazamiento cortante. El material cae desplazándose por el aire, efectuando golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978) en GEMMA (2007). Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni de flujo (GEMMA, 2007).

Figura 71 Caída de bloques localizados en la vía Rionegro-Playón, 100 m despues de La Virgen. Presenta forma de cono. Principales detonantes de ruptura son la lluvia y saturación del suelo. Coordenadas: 1297110 N 1102195 E. Foto: Jaimes, D.

Figura 72 Caída de Bloques reciente en Arenisca de la Fm Los Santos (Kita). Se encuentra en estado activo intermitente afectando la vía Suratá-California. El plano de falla se localiza sobre la roca meteorizada y fracturada. La caída es relativamente lenta y evidencia una erosión baja. Sector San Francisco, municipio de California. Coordenadas: 1304698 N 1124109 E 1940 m. Foto: Mantilla, S.

Avalancha de rocas (Avenidas torrenciales): Flujos de gran longitud de rocas fracturadas que resultan de deslizamientos de roca a gran escala (Hungr et al., 2001) en GEMMA (2007). Su movilidad crece con el volumen, conviertiéndose en movimientos muy peligrosos, logrando represar ríos y provocar represamiento o rompimiento (GEMMA, 2007).

Figura 73 Avalancha de rocas sobre el Neis de Bucaramanga (PDb), en el sector El Roble (Charta). Gran deslizamiento ocasionado por el paso de la falla del Río Charta, cuyo plano de ruptura se ubica sobre el neis biotitico-hornblendico fracturado y meteorizado. Los fragmentos de roca desplazados alcanzan gran distancia, siguiendo el curso de aguas debajo del río Charta. Coordenadas: 1294574 N 1130464 E 3714 m. Foto: Mantilla, S.

Tabla 3

Inventario de Procesos morfodinámicos en el Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija.

N° de Movimiento		Coordenadas			Tipo de Movimiento	Actividad relativa	Mecanismo de ruptura
	Estación	NORTE	ESTE	ALTURA			
1	DJA-05	1299362	1098775	1124	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
2	DJA-06	1301327	1098789	1171	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
3	DJA-09	1303711	1098537	1057	Deslizamiento	Activo Intermitente	Complejo o mixto

4	DJA-11	1302919	1099366	1042	Deslizamiento	Activo Intermitente	Complejo o mixto
5	DJA-12	1302049	1099945	978	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
6	DJA-14	1302147	1100598	813	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
7	DJA-17	1305325	1097724	504	Flujo	Activo Intermitente	Complejo o mixto
8	DJA-18	1305334	1097907	520	Deslizamiento	Activo Intermitente	Complejo o mixto
9	DJA-20	1305486	1099486	551	Deslizamiento	Estabilizado	Traslacional estructural
10	DJA-21	1312139	1098042	689	Deslizamiento	Estabilizado	Traslacional estructural
11	DJA-22	1311811	1098321	649	Deslizamiento	Durmiente	Traslacional estructural
12	DJA-25	1307087	1099456	554	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
13	DJA-26	1305545	1099517	570	Deslizamiento	Activo Intermitente	Complejo o mixto
14	DJA-27	1304456	1099936	641	Deslizamiento	Activo Decreciente	Traslacional estructural
15	DJA-28	1304117	1099990	645	Deslizamiento	Activo Intermitente	No evidente
16	DJA-29	1303489	1100240	719	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
17	DJA-30	1302436	1100665	794	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
18	DJA-31	1301280	1101043	789	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
19	DJA-32	1298562	1101854	704	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
20	DJA-35	1297110	1102195	666	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
21	DJA-41	1297897	1105708	1040	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
22	DJA-43	1298995	1104716	1127	Deslizamiento	Activo Continuo	Traslacional estructural
23	DJA-56	1304679	1101274	947	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
24	DJA-60	1306082	1103066	1252	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
25	DJA-62	1309877	1103783	1031	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
26	DJA-64	1309827	1102991	985	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
27	DJA-65	1309896	1102680	1001	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
28	DJA-74	1311279	1097304	808	Flujo	Durmiente	No se evidencia
29	DJA-75	1310612	1097280	908	Flujo	Durmiente	No se evidencia

30	DJA-83	1302216	1106827	1370	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
31	DJA-87	1318877	1109572	1677	Deslizamiento	Activo Continuo	Traslacional estructural
32	DJA-89	1315568	1105030	1274	Deslizamiento	Durmiente	Traslacional estructural
33	DJA-91	1301535	1104908	949	Deslizamiento	Activo Continuo	No evidente
34	SJM01	1300717	1133094	3218	Deslizamiento	Activo decreciente	Traslacional estructural
35	SJM07	1302701	1134093	3382	Flujo	Durmiente	Rotacional
36	SJM100	1302751	1128255	2364	Caida de bloques	Activo Intermitente	Traslacional estructural
37	SJM113	1304721	1124220	1994	Deslizamiento	Activo Intermitente	Planar
38	SJM116	1303241	1117741	1688	Deslizamiento	Activo Intermitente	Mixto o complejo
39	SJM120	1299699	1115752	1670	Deslizamiento	Activo decreciente	Mixto o complejo
40	SJM122	1301579	1116347	1532	Deslizamiento	Activo Intermitente	Planar
41	SJM126	1303654	1119740	1641	Deslizamiento	Activo progresivo	Rotacional simple
42	SJM128	1302478	1118305	1639	Deslizamiento	Activo	Traslacional estructural
43	SJM131	1298928	1117396	1726	Deslizamiento	Activo progresivo	Traslacional estructural
44	SJM135	1298700	1118276	1880	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
45	SJM152	1313031	1122188	2424	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
46	SJM158	1304273	1120317	1615	Deslizamiento	Activo intermitente	Traslacional estructural
47	SJM159	1304698	1124109	1970	Caida de bloques	Activo Intermitente	Traslacional estructural
48	SJM162	1304978	1122589	1889	Deslizamiento	Activo Intermitente	Planar
49	SJM163	1304969	1122447	1884	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
50	SJM23	1303321	1131533	3255	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
51	SJM24	1303159	1131593	3238	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
52	SJM26	1302304	1131499	3340	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
53	SJM27	1301834	1131589	3342	Deslizamiento	Activo decreciente	Traslacional estructural
54	SJM28	1301767	1131773	3312	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
55	SJM30	1302019	1132808	3299	Deslizamiento	Activo Intermitente	Rotacional simple

56	SJM31	1301928	1133916	3326	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
57	SJM36	1294574	1130464	3714	Flujo	Activo Intermitente	Traslacional estructural
58	SJM38	1295259	1130136	3704	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
59	SJM42	1299136	1131287	3771	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
60	SJM45	1299911	1132224	3472	Deslizamiento	Durmiente	Traslacional estructural
61	SJM47	1299552	1132789	3425	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
62	SJM49	1299729	1132903	3372	Deslizamiento	Estabilizado	Traslacional estructural
63	SJM50	1299728	1132759	3358	Deslizamiento	Estabilizado	Traslacional estructural
64	SJM51	1300126	1132618	3362	Deslizamiento	Activo intermitente	Planar
65	SJM54	1300906	1132861	3178	Deslizamiento	Activo Intermitente	Mixto o complejo
66	SJM55	1301206	1132901	3098	Caida de bloques	Activo Intermitente	Mixto o complejo
67	SJM56	1301306	1132716	3016	Deslizamiento	Activo Intermitente	Mixto o complejo
68	SJM58	1300738	1131572	2908	Deslizamiento	Activo Intermitente	Rotacional
69	SJM61	1301024	1130573	2743	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
70	SJM62	1300839	1130153	2728	Deslizamiento	Activo continuo	Traslacional estructural
71	SJM63	1300991	1130492	2750	Deslizamiento	Durmiente	Traslacional estructural
72	SJM64	1300732	1130067	2708	Deslizamiento	Activo decreciente	Traslacional estructural
73	SJM66	1308081	1130197	2743	Avenida torrencial	Activo intermitente	Traslacional
74	SJM68	1308019	1129994	2746	Deslizamiento	Estabilizado	Traslacional estructural
75	SJM69	1307989	1129897	2745	Deslizamiento	Estabilizado	Mixto o complejo
76	SJM71	1307666	1129430	2701	Deslizamiento	Estabilizado	Planar
77	SJM72	1307540	1129383	2674	Deslizamiento	Activo intermitente	Planar
78	SJM74	1307227	1129162	2626	Deslizamiento	Activo intermitente	Mixto o complejo
79	SJM75	1307284	1129366	2576	Deslizamiento	Activo intermitente	Traslacional estructural
80	SJM76	1307284	1129366	2566	Deslizamiento	Activo	No evidente
81	SJM77	1307115	1129176	2549	Deslizamiento	Durmiente	Traslacional estructural

82	SJM78	1306913	1128968	2507	Caida de bloques	Activo intermitente	Traslacional estructural
83	SJM80	1306568	1128073	2423	Deslizamiento	Activo progresivo	Rotacional simple
84	SJM81	1306408	1127904	2369	Caida de bloques	Activo	Planar
85	SJM82	1306321	1127542	2337	Deslizamiento	Estabilizado	Traslacional estructural
86	SJM84	1305582	1126672	2276	Deslizamiento	Activo intermitente	Traslacional estructural
87	SJM85	1304921	1126133	2157	Deslizamiento	Inactivo	Traslacional estructural
88	SJM87	1304594	1126045	2110	Deslizamiento	Activo Intermitente	Traslacional estructural
89	SJM89	1300934	1130015	2690	Deslizamiento	Activo intermitente	Traslacional estructural
90	SJM92	1301217	1129975	2678	Deslizamiento	Estabilizado	Traslacional estructural
91	SJM93	1301340	1129812	2646	Deslizamiento	Activo decreciente	Traslacional estructural
92	SJM94	1301568	1129649	2609	Deslizamiento	Inactivo	Planar
93	SJM96	1301933	1129353	2549	Deslizamiento	Activo intermitente	Traslacional estructural
94	SJM97	1302176	1128965	2509	Deslizamiento	Activo progresivo	Traslacional estructural
95	SJM98	1302375	1128673	2459	Deslizamiento	Activo decreciente	Traslacional estructural
96	SJM99	1302618	1128331	2380	Deslizamiento	Estabilizado	Rotacional sucesivo
97	SJM37	1294832	1130217	3734	Avenida torrencial	Activo progresivo	Rotacional

Fuente: Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija 2015

Con base en la información recopilada, se localizan los diferentes procesos morfodinámicos en el área de estudio *(figura 74, ver Apéndice G*):

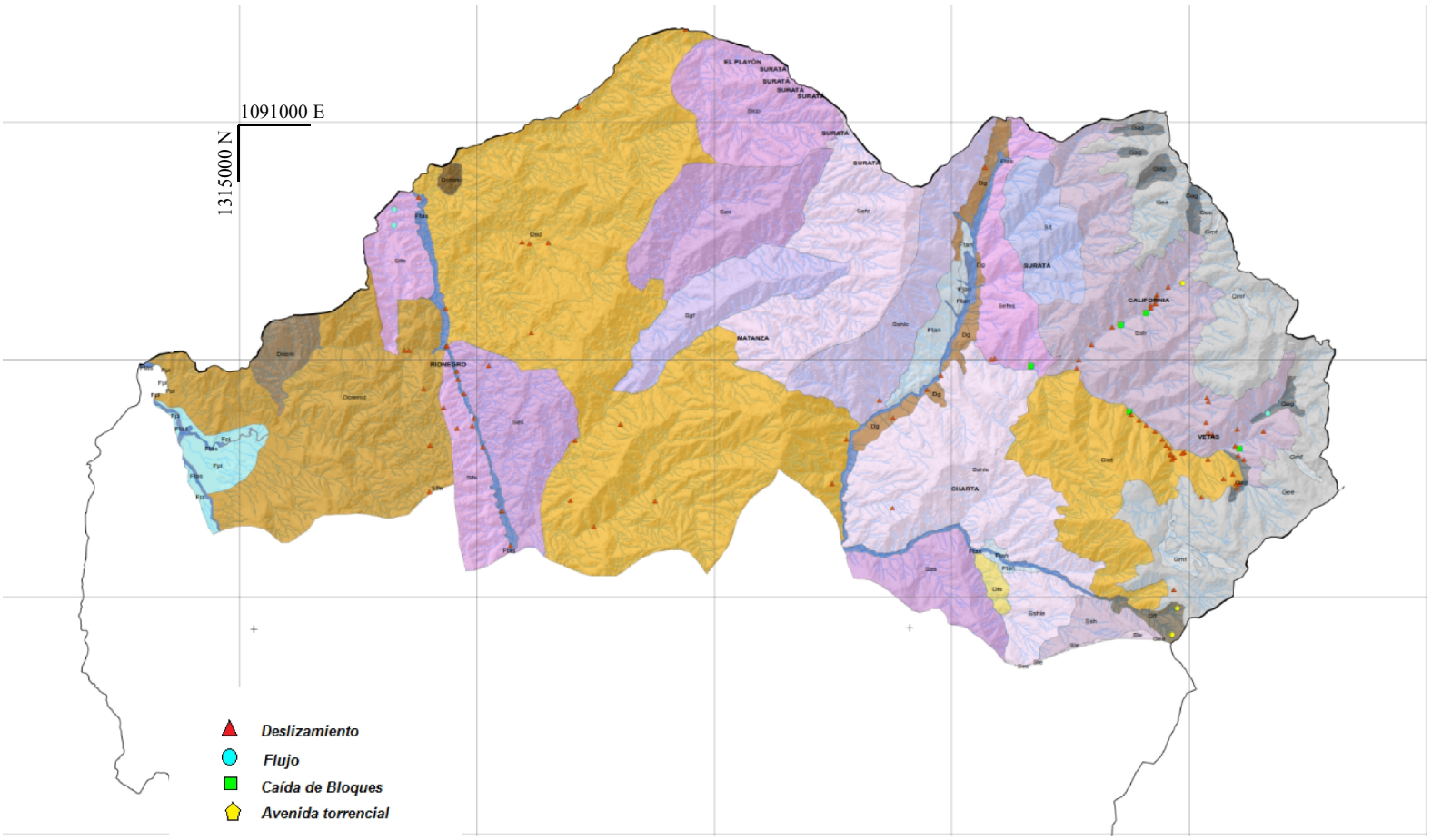

Figura 74 Imagen del Mapa Geomorfológico del Norte del Cuenca Río Alto Lebrija. Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija

9 Unidades Geológicas Superficiales del Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija

De acuerdo con los criterios considerados en la Guía Generalizada de Campo UGS de Ibáñez y Castro (2015) (*Anexos 12, 13, 14, 15, 16*), para caracterizar las unidades de roca y suelo, se pueden clasificar como Unidades Geológicas Superficiales de Roca dura, Roca intermedia, Roca blanda, Suelos residuales y Suelos transportados.

9.1 Unidad de Roca Dura (RD)

Según Ibáñez, Castro (2015), un macizo rocoso se caracteriza como un conjunto de materiales o matriz rocosa, tal como están distribuidos en la masa y las discontinuidades que lo cortan tales como diques, fallas, diaclasas y fracturas y que en general forman la estructura geológica del sitio. La finalidad de estudiar las condiciones de las discontinuidades, es determinar la estabilidad del macizo rocoso, analizando parámetros geométricos como: Orientación, Espaciamiento, Persistencia; Índice de Fracturamiento, entre otros.

En el área Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija, la UGS Roca dura, está representada por rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias. Entre las rocas metamórficas masivas, se caracterizan las unidades: Neis de Bucaramanga (PDb), Ortoneis (PDo) y Formación Silgará (pDs) con edades del Proterozoico –Paleozoico inferior. Correspondiente a rocas ígneas clasificadas como roca dura se localizan: Cuarzomonzonita La Corcova (JRcl) y Cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso (JRcg) con edades del Triásico. Finalamente, las unidades sedimentarias comprendidas en este

tipo, son: Formación Girón (Jg), Formación Los Santos (Kita) y Formación Simití (Kis) con edades de Jurásico superior – Cretácico Inferior, respectivamente.

En el sector de El Roble, sobre la vía Berlín-Vetas, se observa Roca dura de Neis biotitico-hornblendico, presentando una moderada meteorización y fracturamiento. También, sobre segmentos de la vía Vetas-California, específicamente en alrededores a la vereda Móngora (Vetas) se evidencia Roca dura en cuerpos ígneos (Tonalita) y (Cuarzomonzonita, granito y pórfido), moderadamente fracturados y diaclasados. En la vía Matanza-Suratá, límite entre las veredas Pánaga y Bucaré (Suratá), se ubica Roca dura de Calizas de la Formación La Luna, mediamente diaclasadas.

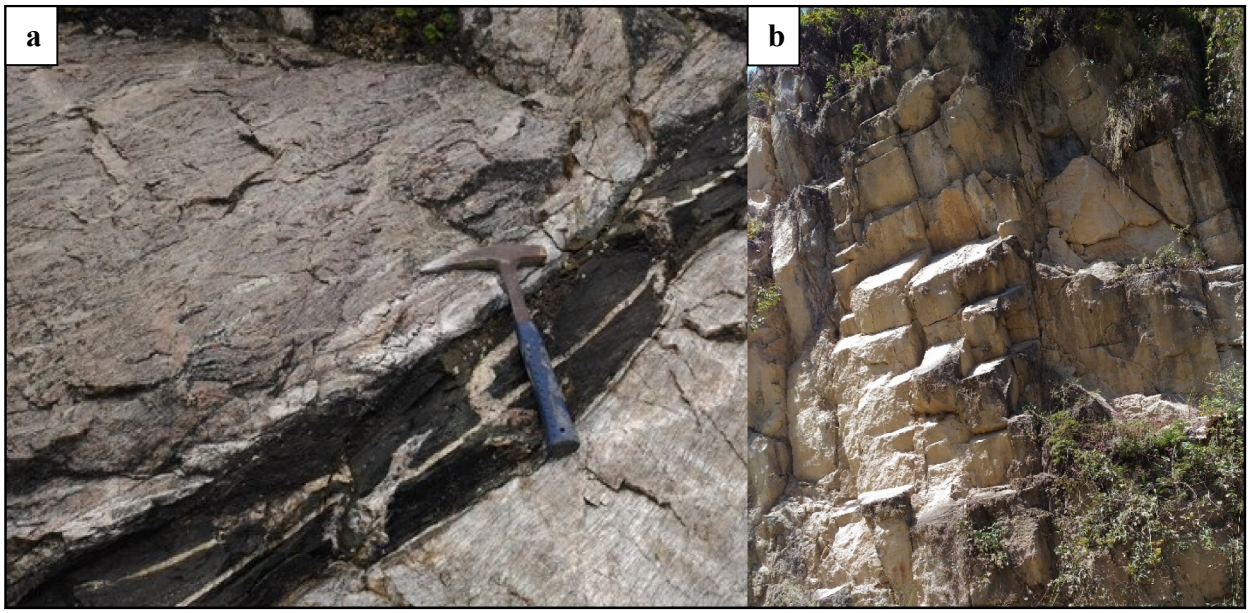

Figura 75 a) Roca dura de Neis biotititico y Anfibolita. Sector El Roble (Charta). Coordenadas: 1293250N 1130292E 3782 m b) Roca dura de Caliza diaclasada. Vía Matanza-Suratá. Coordenadas: 1305876 N 1119965 E 1794 m. Fotos: Mantilla, S.

9.2 Unidad de Roca Intermedia (RI)

Según Padilla (en Ibáñez, Castro; 2015), en su clasificación de las UGS de acuerdo a su dureza; determina que una roca moderadamente dura o intermedia, es una categoría que incluye rocas sedimentarias, bien litificadas o de alta consolidación diagenética con estratificación delgada a gruesa. Abarca también rocas cristalinas, de débil a mediadamente fracturadas, comprendiendo Calizas, Areniscas y Conglomerados bien cementados, Limolitas y Lutitas.

En el área de estudio de la cuenca, esta UGS de roca intermedia se encuentra ampliamente representada por unidades de roca de origen ígneo y sedimentario. Las unidades litoestratigráficas de Cuarzomonzonita, aplita y pórfido (JRcgp), Tonalita y Granodiorita (JRtgd), Granodiorita (Jgd) y Cuarzomonzonita (Jc) del Batolito de Rionegro, Cuarzomonzonita La corcova (JRcl) y Cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso (JRcg), pertenecientes al Triasico- Jurásico inferior. Con respecto a rocas sedimentarias, esta unidad está constituida por la Formación Girón (Jg) y la serie del Cretácico: Formación Los Santos (Kita), Formación Rosablanca (Kir), Formación Paja (Kip), Formación Tablazo (Kit), Formación Simití (Kis), Formación La Luna (Ksl) y Formación Umir (Ksu).

El Neis de Bucaramanga, se encuentra como roca intermedia en la Microcuenca Santa Cruz, Vereda El Aventino, y aunque no se observa una foliación clara, se logra identificar familias de diaclasas; La Cuarzomonzonita (Jc) aflora sobre la vía principal Rionegro – Playón,algo decolorada, con meteorización tipo II, según Dearman (1974),en las diaclasas y fracturas, y estructura fragmentada. La Granodiorita (Jgd) se observa en la Vereda Valparaíso, con bloques grandes, fragmentados y desajustados, debilmente meteorizados. La Formación Umir solo se pudo observar en el margen izquierdo del río Salamaga, en la Vereda Puyana (Finca Peñas Negras), con

alto grado de fracturamiento y abundante oxidación debido al intemperismo y al flujo constante del cauce.

Al Este de la zona de estudio, se identifica Roca intermedia de Cuarzomonzonita, Granito y Porfido cuarzoso (JRcg) y Cuarzomonzonita, aplita y porfido (JRcgp) sobre la vías: Angosturas-La Baja y Tronadora-centro de California, dentro de la microcuenca Vetas. Esta unidad se encuentra altamente fracturada, por efecto de la masiva actividad minera en el sitio, generando cambios en la circulación de aguas subterranéas, derrumbes en excavaciones (minas) y ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. También, se evidencia Roca intermedia de secuencias sediementarias; tales como la Fm Girón (Jg) sobre la vía La Playa-Matanza, encontrándose medianamente diaclasa y fracturada, con depósito de cantos al borde de la carretera y Fm Simití (Kis) sobre la vía Bucaré-Matanza, mostrándose moderadamente dura, con débil meteorización y bloques fragmentados.

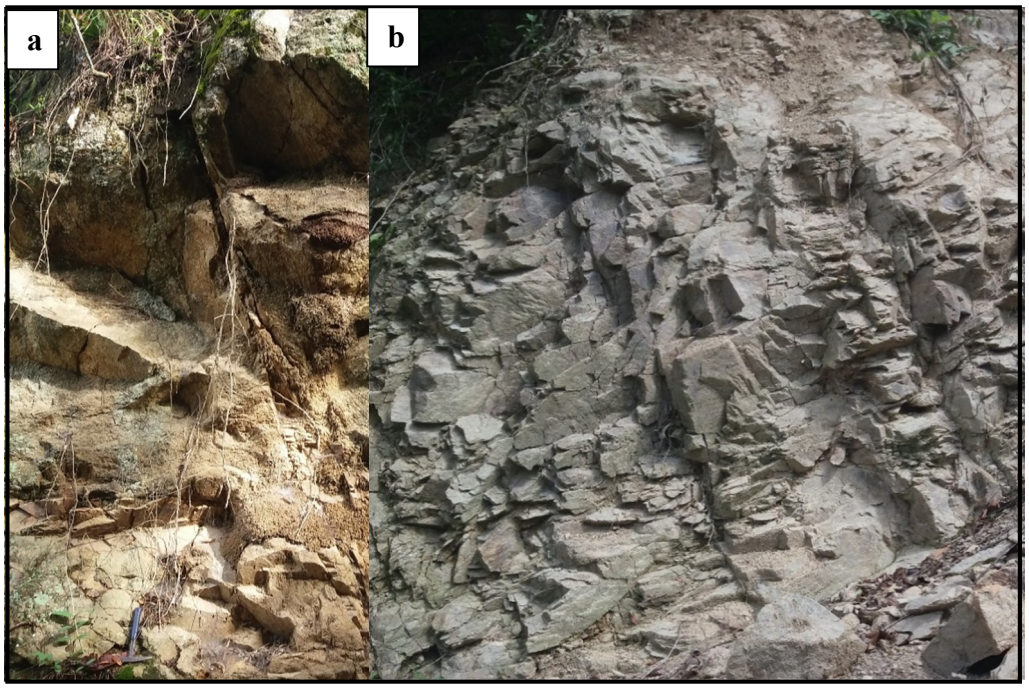

Figura 76 a) Granodiorita Biotítica (Jgd). Vereda Valparaíso (Rionegro). Coordenadas: 1297759 N 1104245 E b) Formación Bocas (Jb). Vereda Florencia Caballito (Rionegro). Coordenadas: 1305437 N 1097590 E. Fotos: Jaimes, D c) Areniscas calcáreas de la Fm Simití (Kis). Sector Bulcaré. Coordenadas: 1303003 N 1120670 E 1841 m. Fotos: Mantilla, S.

9.3 Unidad de Roca Blanda (RB)

Las rocas que pertenecen a esta UGS son de naturaleza blanda a muy blanda, poco cementadas, frágiles, con alto a muy alto grado de fracturamiento y en general, altamente meteorizadas (grado IV y V) (Ibáñez y Castro, 2015).

En el Norte de la cuenca, se identificó como UGS de Roca blanda: rocas metamórficas de la Formación Silgará (pDs), rocas ígenas de Tonalita y Granodiorita (JRtgd), Cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso (JRcg) y Granodiorita del Batolito de Rionegro (Jgd); rocas sedimentarias del Jurásico y Cretácico: Formación Bocas (Jb), Formación Jordán (Ji), Formación Girón (Jg), : Formación Los Santos (Kita), Formación Rosablanca (Kir), Formación Paja (Kip),

Formación Tablazo (Kit), Formación Simití (Kis), Formación La Luna (Ksl) y Formación Umir (Ksu).

Se identifica principalmente en unidades sedimentarias, como la Formación Girón y la Formación Simití, que afloran al Occidente de la Vía principal Rionegro – Playón; sin embargo, hacia el Oriente, sobre la vía El Filo – Máveda, se encuentran Esquistos de la Formación Silgará, con alto grado de meteorizacion y fracturamiento, con alta resistencia y conservando su foliación. En las Veredas: Carpinteros, San José de Arévalo, San Pablo, La Paz y La Pradera, del Municipio de Rionegro, se observa la Formación Girón con una meteorización alta, conservando estructuras heredadas como estratificacion y diaclasas. La Formación Simití, se observa sobre la vía Miralindo – Centenario, según el perfil de meteorizacion de Dearman (1974), como roca altamente descompuesta (Horizonte IV), de consistencia media, húmeda, quebradiza y muy deleznable.

En el sector de Guamal-Cabrera, municipio de Matanza, se localizan Esquistos micáceos intercalados con Cuarcita, de la Fm Silgará (pDs) estructuralmente fragmentados, desajustados y plegados, presentando una moderada meteorización, considerándose como roca blanda. Shales y cherts de la Fm La Luna (Ksl), ubicados sobre la vía casco urbano Matanza-Báchiga, altamente fragmentados y desajustados, desleznables, conservando estratificación heredada. En algunas locaciones de esta unidad se identificaron deslizamientos de detritos y bloques.

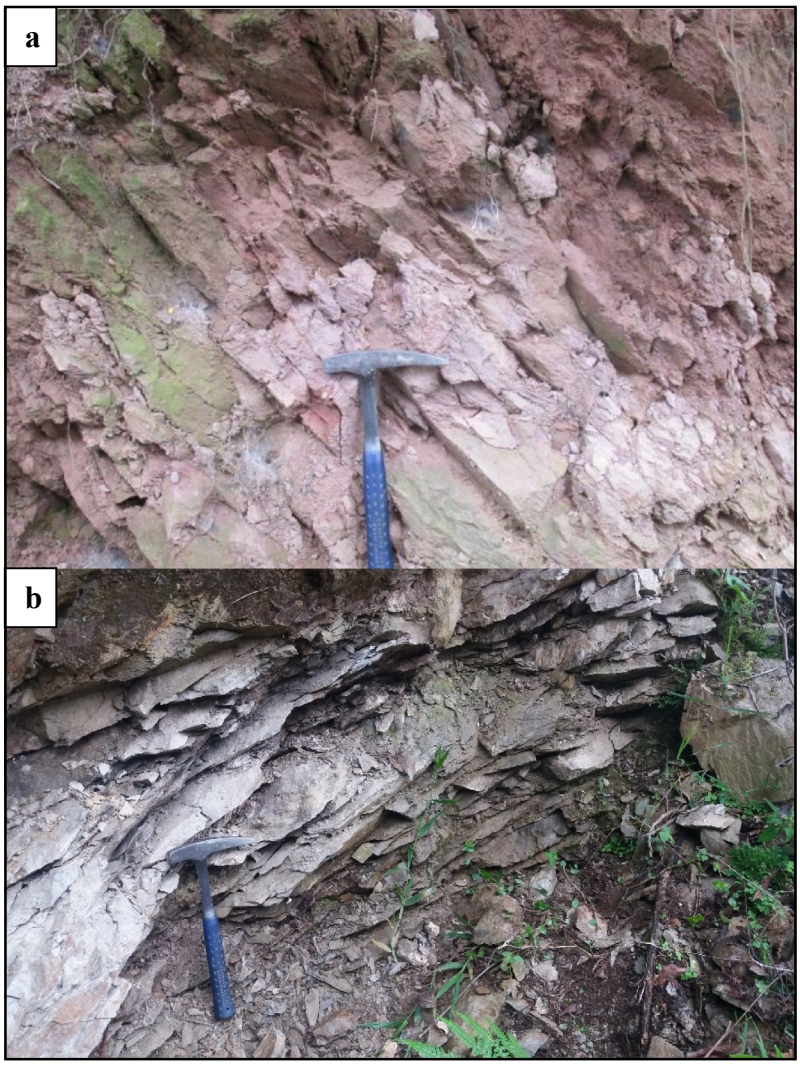

Figura 77 a) Formación Silgará. Vereda El Filo (Playón). Coordenadas: 1317806 N 1111684 E b) Formación Girón (Jg). Vereda Carpinteros (Rionegro). Coordenadas: 1299720 N 1099916 E. Fotos: Jaimes, D.

9.4 Unidad de Suelo Residual (SR)

Se definen como suelos aquellos materiales sueltos o inconsolidados, compuestos de una mezcla de materia orgánica, fragmentos de roca, arcilla y minerales; y se consideran como materiales fácilmente excavables aún por métodos manuales. Se clasifican como suelos residuales a los que son producto de la descomposición In situ del material rocoso y tienen un alto grado de meteorización, los suelos residuales contiene características de su roca parental (Ibáñez y Castro, 2015).

De acuerdo a la descripción de suelo residual o suelo ingenieril, según Deere y Patton (1971), corresponde a los horizontes IA, IB y IC, mientras que; según Dearman (1976) comprende los horizontes VI (suelo residual) y V (roca completamente descompuesta), cuyo principal mecanismo de falla es la intensa erosión.

En la zona de estudio de la cuenca, esta clasificación de Unidad geológica superficial está representada por rocas de: Neis de Bucaramanga (pDb), Ortoneis (pDo), Tonalita y Granodiorita (JRtgd), Granodiorita (Jgd) y Cuarzomonzonita (Jc) del Batolito de Rionegro.

Esta UGS se puede identificar claramente en las Veredas: Portachuelo, Villapaz, Misiguay, Galanes y El cairo, del Municipio de Rionegro; y las Veredas: Sucre, Plazuelo y Quebraditas, de Matanza; y abarca las unidades Cuarzomonzonita (Jc) y Granodiorita (Jgd) del Batolito de Rionegro que cubren las Microcuencas Salamaga y Silgará. Ambas unidades tienen suelos similares en cuanto a su grado de meteorización (Horizonte V, Según Dearman (1974)), consistencia blanda, densidad relativa suelta y humedad; pero debido a su composición varían en su color, la Granodiorita tiene mayor cantidad de Cuarzo y Feldespato potásico respecto a la otra unidad geológica, por lo tanto, su tono es rosado naranja, mientras que la Cuarzomonzonita es más clara.

Al Noreste, en la microcuenca Vetas, se evidencian suelos residuales sobre las unidades de Neis de Bucaramanga (PDb) y Tonalita y Granodiorirta del Plutón de Páramo Rico (JRtgd). Sobre la Vía Páramo Rico- Mortiño, se evidencia Tonalita altamente descompuesta (Horizonte V), de tonalidades blancas y amarillentas, con textura Areno gravosa, de consistencia blanda y densidad suelta. Este suelo se encuentra en estado húmedo y muestra procesos hidrotermales en la zona, a partir de venillas de Cuarzo, claramente fracturadas.

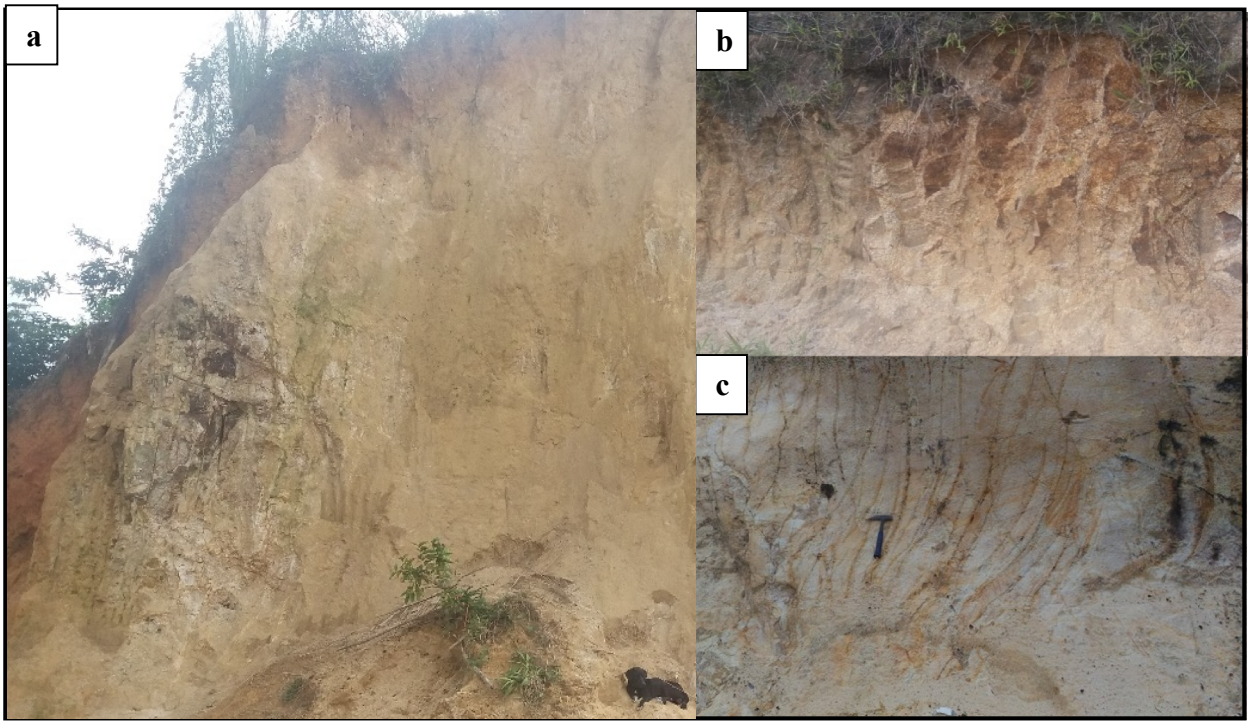

Figura 78 a) y b) Cuarzomonzonita del Batolito de Rionegro (Jc). Diferencia en tonalidades debido a su composición. Veredas: Villapaz y Diviso Palmas . Coordenadas: 1308058 N 1103219 E ; 1306195 N 1101955 E, respectivamente. Fotos: Jaimes, D c) Tonalita altamente meteorizada en el sector de Paramo Rico. Coordenadas: 1298504 N 1128122 E 3594 m. Foto: Mantilla, S.

9.5 Unidad de Suelos Transportados (ST)

Los suelos transportados, son aquellos que fueron removidos del lugar de formación, por los mismos agentes geológicos y redepositados en otra zona. En la naturaleza existen numerosos agentes de transporte, como los glaciares, el viento, los ríos, las corrientes de agua superficial, los mares y las fuerzas de gravedad; cada uno formando respectivamente un depósito particular (glaciares, eólicos, aluviales, coluviales y antrópicos). En general un suelo transportado, queda descrito por un perfil estratigráfico, que resalta la secuencia de su colocación y el espesor de sus estratos (Holguín, 2011).

A esta unidad geologica superficial se asocian los depósitos cuaternarios formados por las afluentes, identificánsdose a las orillas del río Salamaga, río Negro, Quebrada Seca, Quebrada Silgará, Quebrada La Estufa, y en algunas laderas como depósitos coluviones de las Veredas Guayana y Valparaíso del Municipio de Rionegro y en la Vereda El Aventino (Matanza).

Al Noreste, se observan suelos transportados respresentados por depósitos y materiales localizados a lo largo de los ríos: Vetas, Suratá y Charta. En el casco urbano de Vetas, en el barrio La Isla (entrada del municipio), se evidencia un suelo transportado caracterizado por clastos aluviales subredodndeados a redondeados. Además, se ubican depositos coluviales, desarrollados sobre laderas de baja y media pendiente, comprendidas entre los municipios de Vetas, California, Charta, Matanza y Suratá.

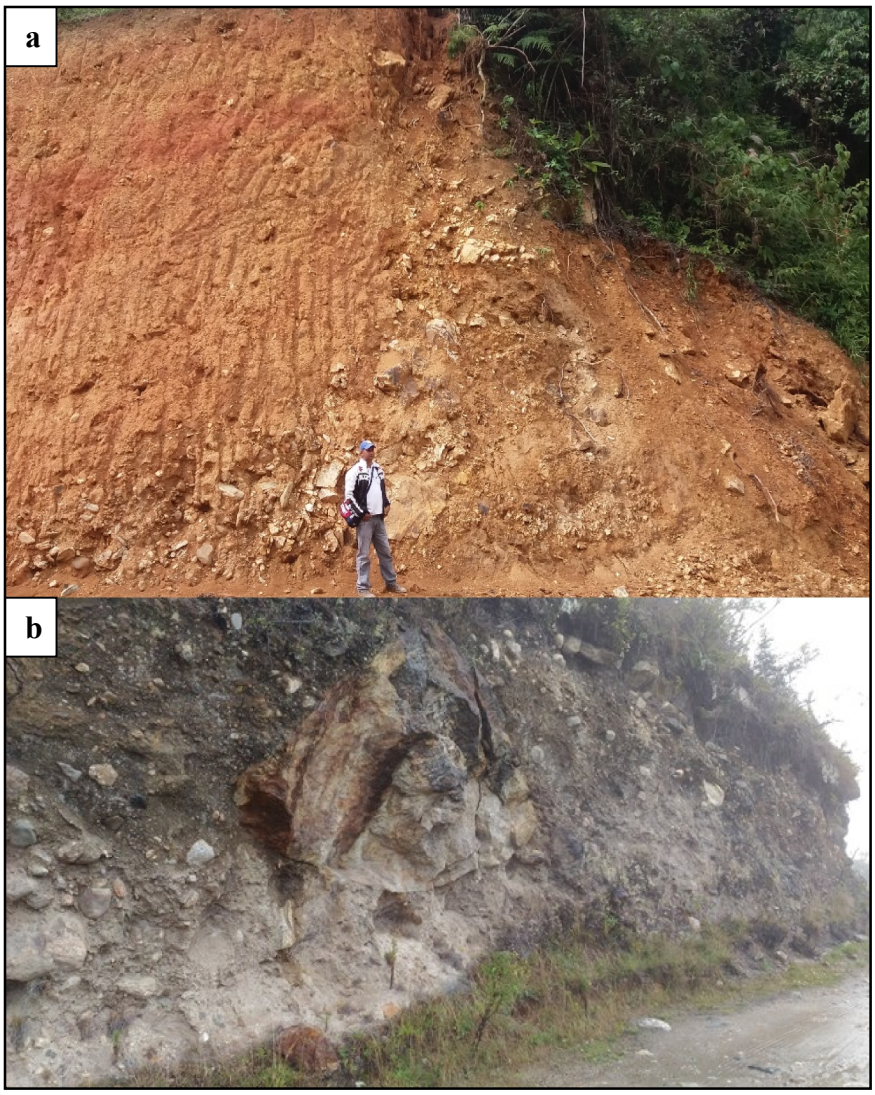

Figura 79 Depósito de coluvión (Qc). Vereda El Aventino (Matanza), Sector la Estufa. Coordenadas: 1298251 N 1106548 E. Foto: Jaimes, D b) Suelo transportado de coluvión (Qc), de origen volcánico. Vía El Salado- Chopo Alto, margen derecho. Coordenadas: 1302340 N 1133303 E 3357 m. Foto: Mantilla, S.

De acuerdo a lo anterior, a continuación se representan cartográficamente las Unidades Geologicas Superficiales (UGS) para el Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija (*figura 80, ver Apéndice V).*

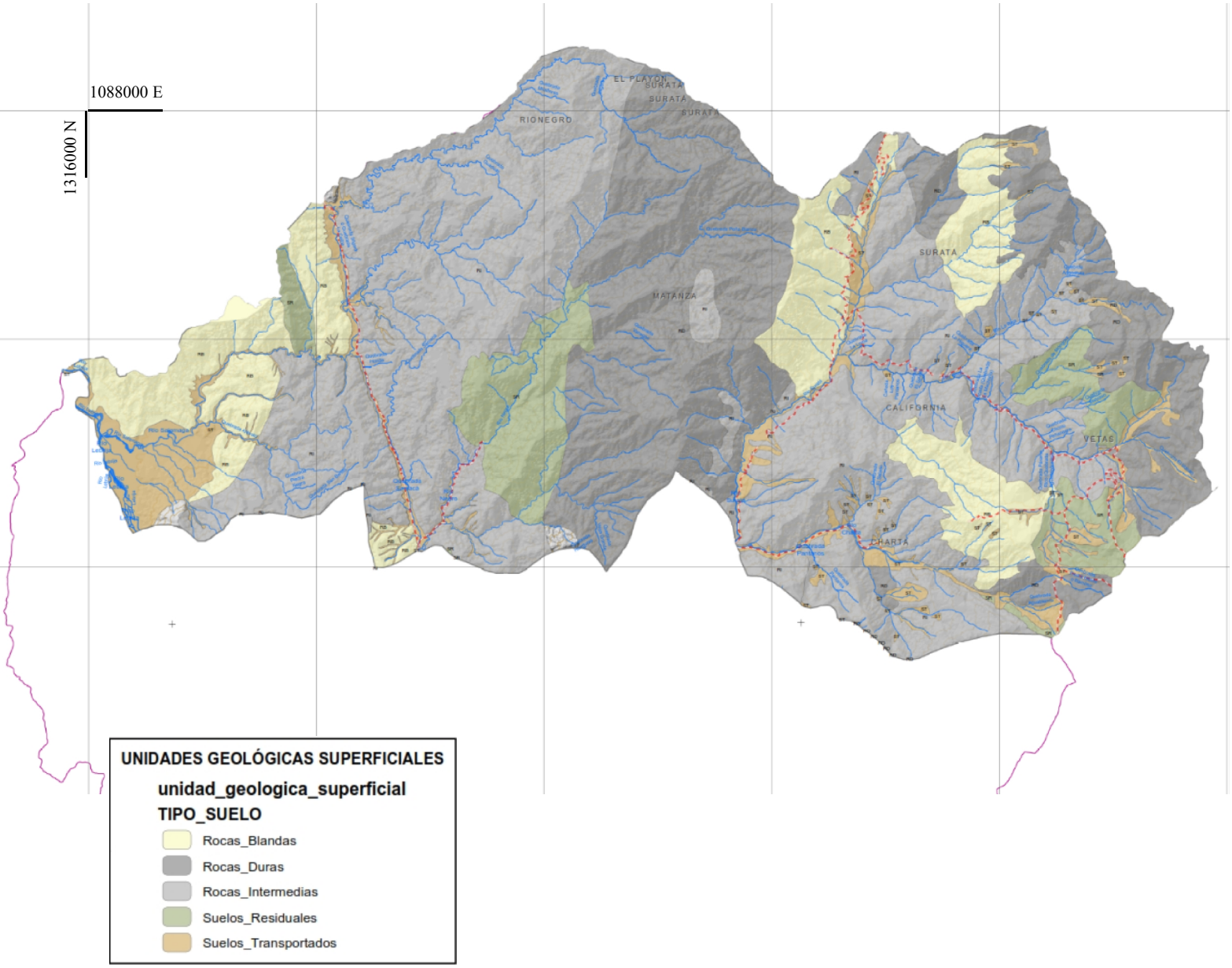

Figura 80 Imagen del Mapa de UGS para el Norte de la Cuenca Río Alto Lebrija. Unión Temporal POMCA Río Alto Lebrija.

10 Participación en el Componente Social durante la fase Diagnóstico y su importancia en la Ordenación de la Cuenca Hidrográfica Río Alto Lebrija

Aunque el agua es el elemento más frecuente en la Tierra, únicamente el 2,53% del total es agua dulce y el resto es agua salada. Aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y al abrigo de nieves perpetuas (PNUMA, 2003). El agua es un recurso natural renovable, parte esencial de hombres, animales y plantas, en cuyos cuerpos, aproximadamente, el 72% de su peso corporal está constituido por este vital líquido (Contreras et al., 2008).

Debido a su importancia, es fundamental concientizar a las comunidades del buen manejo y conservación de las fuentes hídricas que conforman una cuenca; entendiéndose por cuenca hidrográfica, como el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (MINAMBIENTE, 2014).

Por esta razón, es de suma importancia, la participación comunitaria en el proceso de Ordenación de la cuenca hidrográfica Alto Lebrija, teniendo en cuenta las relaciones funcionales de los diferentes actores sociales (entidades públicas, sectores productivos, personas naturales, etc.), que en ella confluyen y que se han establecido con la cuenca.

Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboraron estrategias de participación para que la comunidad haga parte activa del proceso, alimentando y construyendo la fase Diagnóstico del POMCA, en la

configuración de los productos de cada componente temático, cuando sea posible y definiendo la necesidad de aportes, conocimiento e información en los trabajos de campo, así mismo su apoyo en la identificación de áreas críticas, priorización de problemas y conflictos a ser tenidos en cuenta en el análisis de los resultados del diagnóstico (*figura 74*).

Bajo este contexto, se establece dentro de las instancias de participación para el proceso de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica del Río Alto Lebrija, al Consejo de Cuenca, instancia consultiva y representativa de los actores que viven y desarrollan actividades en la cuenca hidrográfica (MINAMBIENTE, 2014).

Enfocados en la conformación del Consejo de cuenca se plantearon 5 fases en las cuales se desarrollaron actividades puntuales que permitieran garantizar la participación de los actores de forma asertiva mediante el siguiente esquema:

- *Visitas previas (reuniones pre inicio)*
- *Capacitaciones Consejo de Cuenca*
- *Convocatoria*
- *Inscripción y elección*
- *Instalación de Consejo de Cuenca*

Así púes, mediante visitas previas a los municipios se realizó un trabajo enfocado a desarrollar actividades de tipo informativas (reuniones pre inicio), comunicando y motivando a los actores reconocidos e identificados e incluyendo la priorización de actores susceptibles a participar en este escenario, entregando material divulgativo *(figura 75),* posteriormente se realizaron actividades de capacitación mediante las cuales se dio orientación e información sobre las funciones e

importancia del consejo de cuenca y los pasos a seguir para presentarse a conformar este espacio de concertación en el que los actores puedan dar a conocer sus prioridades, en temas de demandas y ofertas de proyectos hídricos, protección ambiental del agua y cultura del uso del recurso, terminada esta fase se dio paso a la fase de convocatoria por parte de la Corporación autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) por medio de su página web y a través de correos.

De esta manera, se llevó a cabo una jornada el día 11 de Enero, en el auditorio Hernando Guevara de la CDMB en Bucaramanga, Santander , donde se realizaron las elecciones programadas, contando con la asistencia de aproximadamente 50 actores sociales de los diferentes sectores de cada municipio, administraciones locales, Juntas de acción comunal, entre otros, este día se dio conformación oficial al consejo de cuenca quedando abierta la fecha para la reunión de instalación y elección de cargos (*figura 76*).

El 18 de abril de 2017 en las instalaciones de la corporación en una jornada única se llevó a cabo la instalación del Consejo de Cuenca del Río Alto Lebrija, este acto Protocolario permitió la elección del presidente y secretario del consejo de cuenca quienes cumplirán sus funciones a partir de la primera sesión de dicho consejo; se entregó adicionalmente el material divulgativo que consiste en unos kit compuestos por : Bolso, Gorra, Chaleco y agenda distintivos para los miembros posesionados del consejo (*figura 77*).

Una vez finalizada la jornada de instalación, los miembros del Consejo se reunieron en una mesa de trabajo con el fin de llevar a cabo la primera sesión del mismo, y cuyo objetivo es el estudio y aprobación del reglamento del Consejo, en donde quedan estipulada las Funciones del presidente y secretario del consejo además del funcionamiento del mismo.

Figura 81 Participación de la comunidad, a través de encuestas, para la construcción de la fase de diagnóstico de la cuenca.

Figura 82 Entrega de material divulgativo a la comunidad en reuniones pre- inicio.

Figura 83 Elección del Consejo del POMCA Cuenca Río Alto Lebrija

Figura 84 Instalación del Consejo del POMCA Cuenca Río Alto Lebrija.

11 Recomendaciones

El "ESTUDIO DE LOS COMPONENTES GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DEL NORTE DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO LEBRIJA", 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) para el POMCA Río Alto Lebrija. Sin embargo, pese a 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, Vetas, Suratá y Tona, por falta de colaboración e interés de la comunidad, a razón de malas experiencias con proyectos anteriormente desarrollados en la zona y divulgación de información transgredida por terceros sobre los objetivos reales del POMCA.

Teniendo en cuenta que la consultoría realizaba simultáneamente los POMCAS Río Cáchira Sur y Río Lebrija Medio, se hizo necesaria una pausa en el desarrollo de los componentes Geología y Geomorfología para el POMCA Río Alto Lebrija, con el fin de brindar apoyo en el trabajo de campo en las cuencas hidrográficas Cáchira Sur y Lebrija Medio.

Se sugiere el dominio en la herramienta SIG ArcGIS, por parte de estudiantes candidatos a prácticas empresariales enfocadas en proyectos de uso y manejo sostenible de recursos naturales, como competencia profesional, además de conocimiento previos sobre Geología Básica, Geología Ambiental e Hidrogeología.

12 Referencias Bibliográficas

ASOEC (1999). Asociación de Asesores Socioeconómicos del Sector Solidario. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Rionegro. Capítulo 05. Dimensión Física. Recuperado de http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot-rionegro-santander-1999-portadapreliminar.pdf

Cabellero, 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.* Recuperado de: http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegeologia/article/view/1008/1495

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2004). Plan de gestión ambiental regional 2004-2013. Recuperado de http://santandercompetitivo.org/media/46529c756da0c6562898fe84516990c4.pdf

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2008). Plan de ordenamiento y manejo ambiental Subcuenca Alto Lebrija. Recuperado de http://caracoli.cdmb.gov.co/web/archivos/POMCA%20Subcuenca%20Salamaga_Revision2.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. Recuperado de http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/centro-de-descargas/635-erosion-1/file

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2015). Ordenación de Cuencas. Recuperado de 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). Áreas de Jurisdicción. Recuperado de http://www.cdmb.gov.co/web/asi-es-la-cdmb/area-de-jurisdiccion

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (2017). Consejo de Cuencas. Recuperado de http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/consejo-de-cuenca-pomcas

Corporación Regional Autónoma 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.

Contreras, K., Contreras, J., Corti, M., De Sousa, J., Durán, M. y Escalante, M. (2008). El agua un recurso para preservar. Universidad de los Andes. Departamento de Medicina preventiva y social. Mérida. Recuperado de http://www.eventos.ula.ve/ciudadsostenible/documentos/pdf/agua.pdf

Fondo de Adaptación. (2014). Anexo. 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 MinAmbiente. Bogotá, Colombia. [PDF]

Gradex Ingeniería S.A. (2002). Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial Microcuenca Río Vetas (POAT). Capítulo 02: Caracterización. [CD-ROM]. Bucaramanga: CDMB.

Gradex Ingeniería S.A. (2002). Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial Microcuenca Río Suratá Alto (POAT). Capítulo 02: Caracterización Medio Biofísico. [CD-ROM]. Bucaramanga: CDMB.

Gradex-Inpro. (2003). Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial de la Subcuenca Rionegro-Microcuenca Samacá (POAT). Capítulo 02: Caracterización Medio Biofísico. [CD-ROM]. Bucaramanga: CDMB.

Gradex-Inpro. (2003). Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial de la Subcuenca Rionegro-Microcuenca Santa Cruz (POAT). Capítulo 02: Caracterización Medio Biofísico [CD-ROM]. Bucaramanga: CDMB.

Gradex-Inpro. (2005). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Subcuenca Salamaga, Quebrada Salamaga (POA). Capítulo 02: Caracterización Medio. [CD-ROM]. Bucaramanga: CDMB.

Gradex-Inpro. (2005). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Subcuenca Salamaga, Quebrada Silgará (POA). Capítulo 02: Caracterización Medio Biofísico. [CD-ROM]. Bucaramanga: CDMB.

Holguin (2011). Capítulo 12: Meteorización y Suelos. Recuperado de: http://www.docentes.unal.edu.co/jmmonteroo/docs/12%20METSUELOS.pdf

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

Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS (2001). Mapa de Recursos Minerales de Colombia: Minerales metálicos, preciosos y energéticos. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-ambiental y Nuclear. Bogotá, Colombia. Recuperado de: http://www.simec.gov.co/portals/0/Mapas/Mapa_Miner_Metal.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. Bogotá, Colombia. Recuperado de http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios_ambientales/CONTRATO022002/TOMO1CONVENIO022002.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]

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas. Bogotá, Colombia. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACIONHIDROGRAFICA.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]

Martinez, J. (2008) Geología estructural y dinámica global. Universidad de Salamanca, Departamento de Geología. Recuperado de https://www.u-cursos.cl/usuario/88e17214fbd3bc896935dca577cbaec1/mi_blog/r/Geologia_Estructural._Unv_Salamanca_2003.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MINAMBIENTE (2009). Ecologito: Cuencas Hidrográficas. Recuperado de https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiFg9zml4PWAhUB6CYKHTGkDlcQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.gestiondelriesgo.gov.co%2Fbitstream%2F20.500.11762%2F22591%2F1%2F18-POMCA-Ecologito.pdf&usg=AFQjCNEkktcJ3dkwanK5cdPSn_kWSWuWkg

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MINAMBIENTE (2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Bogotá, Colombia. [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. Recuperado de https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjctfHBmIPWAhVF8CYKHcygDnMQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fwww2.sgc.gov.co%2FNoticias%2Farchivos%2FGuia-Metodologica-Servicio-Geologico.aspx&usg=AFQjCNFfpvqdysiiUNKU172fM5eWCNd1Dw

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (2003). Panorama global sobre la escasez de Agua. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente. Recuperado de http://www.fao.org/3/a-i6747s.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 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. Recuperado de http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/442884/GuiaEvaPeligros.pdf

Servicio Geológico Colombiano SGC (2015). Anexo 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. Recuperado de https://es.scribd.com/doc/253673069/Glosario-de-Unidades-Geomorfologicas

Sistema Único de Información Normativa Suin-Juriscol (2017). Decreto número 2857 de 1981. Bogotá, Colombia. MinJusticia. http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1749762

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]