

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL LINEAMIENTO ESTRUCTURAL UBICADO ENTRE LA QUEBRADA CASANOVA Y EL RÍO MARHUANTA, AL SURESTE DE CIUDAD BOLÍVAR. MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR. VENEZUELA.

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LAS
BACHILLERES GARCÍA,
DALIA JOSÉ Y SILVA PÉREZ,
KEISY STEFANY PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, SEPTIEMBRE DE 2022



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado titulado: “**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL LINEAMIENTO ESTRUCTURAL UBICADO ENTRE LA QUEBRADA CASANOVA Y EL RÍO MARHUANTA, AL SURESTE DE CIUDAD BOLÍVAR. MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR. VENEZUELA**”, presentado por los bachilleres: **GARCÍA, DALIA J.**, portadora de la cédula de identidad No. **V-26.499.941**, y **SILVA P., KEISY S.**, portadora de la cédula de identidad No. **V-26.097.078**, como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Apellidos y nombres:

Firma:

Prof. Rivadulla, Rosario

(Asesor)

Prof.

(Jurado)

Prof.

(Jurado)

Prof. Sandoval, Berenice

Jefe del Dpto. de Ingeniería Geológica

Prof. Monteverde, Francisco

Director de la Esc. de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los días del mes de agosto del año 2022

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, fuerza suprema que existe y mueve los hilos para que yo naciera, viviera y esté ahora donde estoy.

A mi mamá, Ana García, por haber hecho millones de esfuerzos para que tuviera la mejor educación; por apoyarme y hacer que nunca desistiera.

A mi compañera de estudios Keisy Silva, por ser una gran amiga, compañera de clases y una gran ayuda desde el momento que la conocí.

A los estudiantes que recién inician, para que nunca desistan, así nadie crea en ustedes y todo parezca demasiado difícil.

A mi persona, por haber sabido sortear las dificultades, los inconvenientes y por todas las horas de estudio dedicadas a este objetivo. ¡Por el logro de una meta mucho mayor!

Dalia José García

A mi Dios Todopoderoso, por permitirme tener una buena experiencia en la Universidad e iluminarme con los conocimientos necesarios en cada etapa de la carrera.

¡Todos los méritos y gracias a ti Señor, porque sin tu obra y gracia, Padre nada es posible!

A mis padres Ninoska Pérez y Kerbys Silva, con todo mi amor, por todos sus esfuerzos y sacrificios. Por brindarme la oportunidad de culminar mi carrera universitaria; por creer en mis capacidades; por darme siempre todo su apoyo, cariño y amor; por sus palabras de aliento cuando más lo necesitaba; por nunca dejarme decaer.

¡Infinitas gracias a ustedes, por ser mi fuente de inspiración y motivación!

A mí compañera y fiel amiga Dalia García, quien ha sido –básicamente– mi acompañante en más de la mitad de la carrera; por haberme brindado todo su apoyo en cada momento. ¡Siempre estaré agradecida de haber llegado a esta etapa junto a ella!

Keisy Stefany Silva Pérez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente (UDO Bolívar), por aceptarnos y abrirnos sus puertas para estudiar esta hermosa carrera universitaria. A los docentes, administrativos y obreros que compartieron sus conocimientos y nos brindaron su apoyo.

A nuestra asesora académica, la Ing. geólogo Rosario Rivadulla, por habernos brindado la oportunidad de acudir a sus conocimientos y guiarnos en todo el transcurso del desarrollo de nuestro Trabajo de Grado.

A la empresa Geosfera C.A., por permitirnos contar con su apoyo en la realización de este trabajo.

Dalia José García
Keisy Stefany Silva Pérez

RESUMEN

El área de estudio se localiza en la parroquia Marhuanta del municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar, al Sureste de Ciudad Bolívar. Geográficamente el área se encuentra entre las coordenadas E:446.500-N:893.500 (esquina inferior izquierda) y E:449.500-N:895.500 (esquina superior derecha), según el sistema de proyección Universal Transversal de Mercator-UTM. El lineamiento geológico-estructural objeto de estudio se encuentra sobre la divisoria de aguas que separa la quebrada Casanova del río Marhuanta. El estudio se avocó a identificar el rasgo estructural asociado con la fisiografía del lineamiento estudiado. Para ello se realizó una investigación aplicada, de tipo descriptiva con diseño documental y de campo. Se generó un mapa geológico-estructural y se reconocieron algunas unidades geomorfológicas. El reconocimiento geológico de campo permitió identificar que en el área de estudio afloran el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y sedimentos del reciente. Los distintos órdenes de lineamientos se encontraron sobre cuarcitas ferruginosas y gneises graníticos. El lineamiento principal sigue tendencia SO-NE, congruente con las registradas dentro del Complejo de Imataca; y representa la traza axial en superficie de un plegamiento antiformal con dirección N 75° E, inmersión de 10° NE, vergencia de 75° NO y limbos con buzamientos de 40° SE y 70° NO aproximadamente. Aparentemente, el lineamiento principal sigue la dirección del abanicamiento de los planos de foliación; mientras que el diaclasamiento es contrario al sentido anterior y delimita los lineamientos de segundo y tercer orden. Geomorfológicamente el área se encuentre en un relieve de lomas conformado por un antiformal y depósitos coluvio-aluvionales, con pendientes que no superan el 30% y alturas inferiores a los 100 m. El principal agente de modelado terrestre es el escurrimiento superficial difuso generalizado hasta su cauce.

TABLA DE CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE APÉNDICES.....	xv
LISTA DE ANEXOS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Alcance de la investigación	5
1.5 Limitaciones de la investigación	5
CAPÍTULO II	7
GENERALIDADES.....	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	7
2.2 Acceso al área de estudio.....	8
2.3 Características del medio físico-natural.....	9
2.3.1 Clima	9
2.3.2 Geología	22
2.3.3 Geomorfología.....	39
2.3.4 Hidrografía	41
2.3.5 Pedología.....	43
2.4 Características del medio biológico.....	44
2.4.1 Flora	44
2.4.2 Fauna	47
CAPÍTULO III.....	48
MARCO TEÓRICO	48

3.1	Antecedentes de la investigación.....	48
3.2	Bases teóricas de la investigación.....	51
3.2.1	Caracterización geológica	51
3.2.3	Relieve positivo.....	52
3.2.4	Lineamiento.....	52
3.2.5	Caracterización geomorfológica.....	67
3.3	Definición de términos básicos.....	74
3.3.1	Arcilla.....	74
3.3.2	Arena	74
3.3.3	Arenisca.....	74
3.3.4	Conglomerado	75
3.3.5	Crucero (minero)	75
3.3.6	Cuarcita	75
3.3.7	Diaclasa	75
3.3.8	Estrías	75
3.3.9	Foliación.....	76
3.3.11	Geomorfoestructura.....	76
3.3.12	Gneis.....	76
3.3.13	Granito.....	77
3.3.14	Granitoide.....	77
3.3.15	Grava	77
3.3.16	Lineamiento (lineation, del inglés).....	77
3.3.17	Minerales félsicos.....	78
3.3.18	Minerales máficos	78
3.3.19	Plunge.....	78
3.3.20	Pliegue volcado (Overturned fold, overfold del inglés)	78
3.3.21	Provincia geomorfológica	78
3.3.22	Región geomorfológica	79
3.3.23	Tectónico o tectónica.....	79
3.3.24	Trend	79
3.3.25	Unidad geomorfológica.....	79
CAPÍTULO IV		80
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		80
4.1	Tipo de investigación.....	80
4.1.1	Según el propósito que persigue la investigación	80
4.1.2	Según el nivel de conocimiento a obtener con la investigación.....	80
4.1.3	Según la estrategia empleada para la recopilación de información.....	81

4.2	Diseño de investigación	81
4.2.1	Investigación documental	81
4.2.2	Investigación de campo.....	82
4.3	Población y muestra de la investigación	82
4.3.1	Población de la investigación.....	82
4.3.2	Muestra de la investigación.....	83
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	83
4.4.1	Técnicas de recolección de datos	83
4.4.2	Instrumentos de recolección de datos	84
4.5	Flujograma de investigación	84
4.6	Procedimiento para el logro de los objetivos	85
4.6.1	Formulación del problema de la investigación	86
4.6.2	Recopilación de información	86
4.6.3	Fase de campo.....	88
4.6.4	Fase de oficina	91
CAPÍTULO V.....		96
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		96
5.1	Rasgo geológico-estructural asociado con el lineamiento estructural	96
5.2	Características topográficas del área de estudio.....	97
5.3	Características litológicas de las rocas que afloran en el área de estudio	100
5.3.1	Complejo de Imataca	100
5.3.2	Formación Mesa.....	102
5.3.3	Sedimentos del Reciente	104
5.4	Estructuras geológicas presentes en la zona	104
5.4.1	Lineamientos.....	107
5.4.2	Plegamientos	109
5.4.3	Diaclasamiento.....	111
5.5	Mapa geológico-estructural del área de estudio representando las unidades litológicas aflorantes y las estructuras geológicas asociadas.	113
5.5.1	Análisis de lineamientos dentro del área estudiada.....	113
5.5.2	Contexto tectónico local y regional	115
5.5.3	Análisis del mapa geológico-estructural	116
5.6	Unidades geomorfológicas reconocidas en el área de estudio	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		122
	Conclusiones	122
	Recomendaciones	125

REFERENCIAS..... 126
APÉNDICES 132
 APÉNDICE A..... 133

LISTA DE FIGURAS

2.1	Ubicación geográfica y relativa del área de estudio (Imágenes: Microsoft Encarta 2009; Google Earth©, 2021)	7
2.2	Rasgo geológico-estructural objeto de estudio (Imagen: National Centers for Environmental Information-NOAA, 2021).....	8
2.3	Vías de acceso identificadas al área de estudio (Imagen: Bing Maps©, 2021).....	9
2.4	Estación meteorológica de la AMB ubicada en el aeropuerto de Ciudad Bolívar.....	10
2.5	Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	12
2.6	Distribución temporal de la evaporación media mensual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	14
2.7	Distribución temporal de la temperatura media mensual del aire en °C durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	16
2.8	Distribución temporal de la radiación solar media mensual en MJ/m ² durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	18
2.9	Distribución temporal de la insolación media mensual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	19
2.10	Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en % durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	21
2.11	Distribución temporal de la velocidad media del viento mensual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	22
2.12	Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca (Sidder y Mendoza, 1995, en, Mendoza S., 2000).....	23
2.13	Unidades litotectónicas que afloran en el área de estudio (U.S. Geological Survey, USGS, 2006).....	24
2.14	Edades reconocidas dentro del Complejo de Imataca (Teixeira, Tassinari, y Mondin, 2002).....	26
2.15	Unidades o fajas litotectónicas mayores que conforman el Complejo de Imataca (Ascanio, 1975, en, González de Juana et al., 1980).....	29
2.16	Mapa geológico del Complejo de Imataca al Oeste del río Caroní (Dougan, 1972, en, González de Juana et al., 1980).....	30
2.17	Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA Intevep S.A., 1997).....	31

2.18	Columna estratigráfica de la Formación Mesa representativa entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana (Yáñez, 1986).....	34
2.19	Formación Mesa como se observa hacia las cabeceras del río San Rafael en Ciudad Bolívar (Cabrera y Hurtado, 2008).....	35
2.20	Análisis morfoscóptico de las partículas correspondientes a los sedimentos Recientes (Macabril G. y Serrano B., 2010).....	38
2.21	Evolución geomorfológica de las cuencas hidrográficas que drenan Ciudad Bolívar y sus alrededores (Adaptada de Santiago, 2008, en, Macabril G. y Serrano B., 2010).....	40
2.22	Vegetación característica del área de estudio. A) Sabana gramínea, arbustiva y matorrales B) Bosques de galería.....	45
3.1	Parámetros para la medición de un lineamiento geológico-estructural (Griem W., 2020).....	54
3.2	Medición de ángulos en estructuras planares y lineaciones (Griem W., 2020).....	55
3.3	Tipos de lineaciones (Griem W., 2020).....	57
3.4	Intersección L_1 de estratificación/clivaje observada sobre el plano de estratificación de una lodolita deformada (McClay K., 1987, p. 75).....	58
3.5	Capa plegada S_0 con un clivaje planar axial S_1 abanicado, mostrando el desarrollo de la lineación de intersección estratificación/clivaje L_1 paralela al eje o línea de charnela del pliegue. Una lineación por alargamiento mineral ML_1 se desarrolla sobre los limbos y a 90° del eje de pliegue. La proyección estereográfica muestra el ploteo de los polos a la estratificación (círculos llenos), las intersecciones de estratificación/clivaje L_1 (triángulos) y los polos a los planos de clivaje abanicado (pequeñas cruces). El eje del pliegue se define por el polo al círculo mayor de la estratificación (McClay K., 1987, p. 75).....	59
3.6	Lineación de crenulación formada sobre la superficie esquistosa superficie S_1 , de un esquistos psamítico crenulado (McClay K., 1987, p. 75).....	60
3.7	Plegamiento de crenulación de un clivaje S_1 , mostrando el desarrollo de un clivaje de crenulación S_2 y de una lineación L_2 de intersección, S_2 sobre S_1 . La proyección estereográfica muestra los polos al primer clivaje S_1 (círculos llenos), los polos al segundo clivaje S_2 (cruces) y la lineación de crenulación L_2 (triángulos). El eje del pliegue mayor F_2 queda definido por el polo al círculo mayor del clivaje S_1 (McClay K., 1987, p. 76).....	61
3.8	Lineación de clivaje tipo lápiz en una limolita dolomítica producto de la intersección de una fuerte fábrica paralela al plano de estratificación con un fuerte clivaje tectónico (McClay K., 1987, p. 76).....	62
3.9	Lineación por alargamiento mineral ML_1 formada en un granito cizallado que muestra granos de cuarzo elongados y agregados feldespáticos (McClay K., 1987, p. 77).....	63
3.10	Niveles sucesivos de percepción de geoformas según el nivel de observación (Zinck, 1980, en, Zinck, 2012, p. 64).....	73

4.1	Flujograma de trabajo seguido para el desarrollo de la investigación.....	85
4.2	Minuta de campo electrónica realizada con la aplicación FieldMove de la empresa Petroleum Experts Ltd.....	90
5.1	Vista transversal SE-NW del lineamiento estructural de Villa Informativa (informal).....	96
5.2	Mapa topográfico del área de estudio.....	97
5.3	Sección topográfica A-A'.....	98
5.4	Sección topográfica B-B'.....	99
5.5	Afloramiento de cuarcita ferruginosa.....	100
5.6	Aspectos diversos de la cuarcita ferruginosa aflorante en el área de estudio.....	101
5.7	Afloramiento de gneis granítico en lineamiento de la parte norte del área de estudio.....	102
5.8	Capas superiores de la Formación Mesa aflorantes en el área de estudio.....	103
5.9	Resumen de las minutas levantada en campo.....	105
5.10	Abanicamiento del plano axial de foliación en afloramiento de cuarcita ferruginosa del Complejo de Imataca.....	108
5.11	Plegamientos en formaciones bandeadas de hierro características del área de estudio.....	109
5.12	Sistema de familias de diaclasas principales -J _{1,2}	112
5.13	Medición de la foliación en un afloramiento dentro del área de estudio.....	113
5.14	Superposición de los rasgos geológico-estructurales sobre el mosaico satelital del área de estudio.....	115
5.15	Mapa geológico-estructural del área de estudio.....	116
5.16	Rasgos geomorfológicos reconocidos en el área de estudio.....	117
5.17	Relieve estructural en cuarcita ferruginosa del Complejo de Imataca.....	120
5.18	Talud detrítico conformado por elementos líticos de cuarcita ferruginosa...	120
5.19	Glacis coluvial sobre capas superiores de la Formación Mesa.....	121
5.20	Relieve erosivo sobre materiales poco consolidados de la Formación Mesa.....	121

LISTA DE TABLAS

2.1	Cuadrantes dentro de los que se enmarca el área de estudio.....	8
2.2	Distribución temporal de la precipitación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	11
2.3	Distribución temporal de la evaporación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	13
2.4	Distribución temporal de la temperatura media anual del aire en °C durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	15
2.5	Distribución temporal de la radiación solar media anual en MJ/m ² durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	17
2.6	Distribución temporal de la insolación media anual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	19
2.7	Distribución temporal de la humedad relativa media anual en % durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	20
2.8	Distribución temporal de la velocidad media del viento anual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).....	22
2.9	Secuencia litotectónica de los eventos registrados en el Escudo de Guayana (Sidder y Mendoza, 1995, en, Mendoza S., 2000, pp. 39, 41-42, 45).....	27
3.1	Datos a recolectar al observar lineaciones de intersección L ₁ , L ₂ , entre otras (McClay K., 1987, p. 81).....	65
3.2	Datos a recolectar al observar lineaciones de alargamiento mineral ML ₁ , ML ₂ , entre otras (McClay K., 1987, p. 82).....	65
3.3	Clasificación taxonómica de las unidades geomorfológicas de Cailleux-Tricart (Tricart, 1965a, en, Zinck, 2012, p. 52).....	71
3.4	Agrupación de geofomas por origen (Zinck, 2012, p. 53).....	72
4.1	Minuta de los puntos levantados en campo.....	89
5.1	Unidades geomorfológicas reconocidas dentro del área de estudio.....	119

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice A Distribución espacial del clima.....	133
A.1 Distribución espacial de la precipitación media total anual isoyetas en mm durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).....	134
A.2 Distribución espacial de la evaporación media total anual tanque tipo “A”; isolíneas en mm durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).....	135
A.3 Distribución espacial de la temperatura máxima anual del aire isothermas en °C durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).....	136
A.4 Distribución espacial de la temperatura media anual del aire isothermas en °C durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).....	137
A.5 Distribución espacial de la temperatura mínima anual del aire isothermas en °C durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).....	138
A.6 Distribución espacial de la radiación solar directa y difusa media anual en Cal/cm ² .día durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).....	139
A.7 Distribución espacial de la insolación media anual en horas de Sol durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991)..	140
A.8 Distribución espacial de la humedad relativa media anual en % durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).....	141

LISTA DE ANEXOS

- A. Mapa topográfico del área de estudio
- B. Mapa geológico del área de estudio

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Dictionary of Geology and Earth Sciences (Oxford University Press, 2013), un lineamiento –del inglés, lineation– representa cualquier rasgo lineal que aparece en la superficie de una roca.

Esta alineación se origina durante la deformación de dicho cuerpo rocoso a través de alguno de los siguientes mecanismos: a) por la alineación paralela de minerales, fósiles o guijarros/clastos; b) por escisiones o clivajes de crenulación paralelos; c) por estrías y fisuras resultantes del movimiento de una roca sobre un plano—por ejemplo, un plano de falla; o d) por deslizamiento flexural durante el plegamiento (Oxford University Press, op. cit.).

Esta investigación parte de la premisa básica establecida por Huggett R., (2017) quien afirma que “cualquier rasgo lineal [recto o curvo] sobre la superficie terrestre que sea demasiado preciso como para haber surgido por casualidad es un lineamiento”. Por ende, este trabajo se abordan las lineaciones tectónicas, que en función de su complejidad en el terreno pueden ser simples o complejas. En tal sentido, para llevar a cabo un estudio de lineamientos se realiza un estudio detallado de mapas topográficos, geológicos, fotografías aéreas y fotogeología. Según su entidad y naturaleza los lineamientos se pueden jerarquizar en tres categorías, si son de: primero, segundo o tercer orden.

El presente trabajo de investigación busca averiguar la figura estructural asociada con un lineamiento ubicado al Sureste de Ciudad Bolívar, sobre la divisoria de aguas de la quebrada Casanova y el río Marhuanta, a través de un estudio preliminar de campo y revisión de imágenes satelitales. Cabe señalar que el estudio aborda un área aproximada de 6 km², en una zona adyacente al urbanismo Villa

Informativa, ubicado en el sector 24 de Julio, de la parroquia Marhuanta durante el periodo comprendido entre los meses enero-julio de 2021. Donde durante este período se realizaron diversas salidas de campo con la finalidad de realizar las inspecciones respectivas y cotejar la información preliminar recopilada.

Este trabajo de investigación está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I. Situación a investigar: comprende el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación de la investigación, el alcance de la investigación y las limitaciones de la investigación.

Capítulo II. Generalidades: incluye la ubicación geográfica del área de estudio, el acceso al área de estudio y las características del medio físico: natural, biológico –factores bióticos– y socio-económico de la zona estudiada.

Capítulo III. Marco teórico: contiene los antecedentes de la investigación, las bases teóricas de la investigación y la definición de términos básicos.

Capítulo IV. Metodología de la investigación: agrupa el tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra objeto de estudio y las técnicas e instrumentos de recolección de datos. En otras palabras, en este capítulo se plantearán las técnicas y los procedimientos utilizados para dar respuesta al problema planteado.

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: en éste se definen las técnicas lógicas empleadas para descifrar lo revelado por los datos recogidos o estimados según los objetivos planteados para finalmente poner en manifiesto las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron al término de esta investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Mediante imágenes satelitales de Landsat provistas por Google Earth se logró identificar, entre la parte alta de la quebrada Casanova y la parte media del río Marhuanta, un lineamiento estructural con dirección SW-NE cuya expresión morfológica es objeto de estudio en esta investigación. Este rasgo del relieve se encuentra ubicado al Sureste de Ciudad Bolívar, detrás del urbanismo Villa Informativa, en el sector 24 de Julio, de la parroquia Marhuanta; en la parte suburbana de la ciudad.

La caracterización geológica, que se pretende llevar a cabo, busca comprender el mecanismo geológico-estructural que originó el patrón morfológico observado a gran escala sobre el terreno y poder establecer así su relación con el contexto tectónico-estructural de la región. Por consiguiente, se analizarán los aspectos básicos relacionados con la geología del área de estudio, la geomorfología de la zona, la litología de los principales cuerpos rocosos aflorantes en el área y los rasgos geológico-estructurales más resaltantes que definen el relieve positivo estudiado.

Para resolver la situación objeto de estudio, es necesario dar respuesta a las siguientes interrogantes:

1. ¿Qué tipo de estructura geológica origina la expresión morfológica observada en las imágenes de sensores remotos?
2. ¿Cuenta la zona con un mapa topográfico actualizado que sirva de base a la investigación, para plasmar la información interpretada y acopiada en campo?

3. ¿Qué tipo de rocas afloran en el área de estudio, a qué formaciones geológicas pertenecen y cuál es su mineralogía característica?

4. ¿Qué tipo de estructuras geológica menores se observan en el terreno, cuál es la actitud de los cuerpos rocosos: capas, planos y líneas geológicas y cuáles son las tendencias predominantes en el área de estudio?

5. ¿Cómo se relaciona toda la información geológico-estructural recopilada, puesta sobre un mapa?

6. ¿Qué unidades geomorfológicas se pueden definir dentro de la retícula que conforma el área de estudio analizada?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar geológicamente el lineamiento estructural ubicado sobre la divisoria de aguas de la parte alta de la quebrada Casanova y la parte media del río Marhuanta, al Sureste de Ciudad Bolívar. Municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar. Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Interpretar el lineamiento estructural con el correspondiente rasgo geológico-estructural observado a menor escala en el terreno, mediante la imagen-mosaico y la inspección directa en campo.

2. Describir las características topográficas del área de estudio, analizando el mapa topográfico generado.

3. Determinar las características litológicas de las rocas que afloran en la zona, mediante el análisis macroscópico de muestras de mano.

4. Clasificar las diferentes estructuras geológicas menores mesoscópicas presentes en la zona, a partir de la medición de la actitud de las rocas y la orientación de planos con brújula en campo.

5. Representar en un mapa geológico-estructural del área de estudio las unidades litológicas aflorantes y las estructuras geológicas asociadas, a partir del mapa topográfico base, la información satelital y el levantamiento de campo.

6. Delimitar las unidades geomorfológicas presentes en la zona, a partir de la interpretación de imágenes de sensores remotos e información de campo.

1.3 Justificación de la investigación

La importancia de la investigación radica en el hecho de que a través de ésta se puede comprender el significado geológico de una expresión morfológica, que se observa claramente sobre el terreno, en el contexto de la geología urbana de nuestra ciudad. En otras palabras, comprender el significado tectónico de las estructuras menores. Además, la investigación permite conocer la geología local del área como un aporte científico a futuros trabajos que se quieran llevar a cabo en la zona de estudio.

1.4 Alcance de la investigación

La investigación busca relacionar un rasgo morfológico apreciado a gran escala, como lo es un lineamiento estructural, con el principal tipo de estructura geológica que lo originó y que se observa y describe en superficie.

1.5 Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación se prevén las siguientes situaciones:

a) Limitado acceso a la zona de estudio, debido a que se encuentra en una zona suburbana de la ciudad, en un área bastante retirada e insegura.

b) Existencia de terrenos privados y de rasgos geomorfológicos, por ejemplo, cárcavas que en ocasiones impiden o limitan poder llegar a ciertas partes del área de estudio.

c) Imposibilidad de poder contar con un levantamiento de sensoramiento remoto a menor escala, por ejemplo, levantamiento aerofotogramétrico con dron, que permitiera delimitar los rasgos geológico-estructurales con mayor nivel de detalles.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

A continuación, se describen los aspectos relacionados al área de estudio tales como: Ubicación geográfica, acceso al área de estudio, las características físico naturales y la geología regional y local.

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

Geográficamente, la zona estudiada se localiza sobre el margen derecho del río Orinoco, al sureste de Ciudad Bolívar en el estado Bolívar. Políticamente, se encuentra dentro del municipio Angostura del Orinoco y fisiográficamente, la zona se dispone entre la parte alta de la quebrada Casanova y la parte media del río Marhuanta, sobre la divisoria de aguas que separa a estas cuencas hidrográficas urbanas (Figura 2.1).

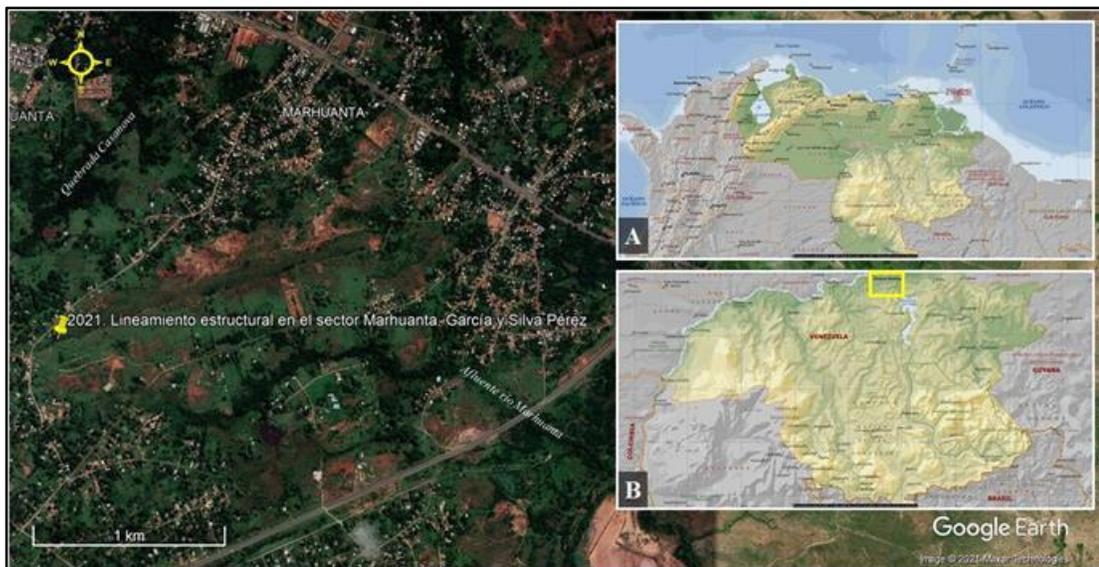


Figura 2.1 Ubicación geográfica y relativa del área de estudio (Imágenes: Microsoft Encarta 2009; Google Earth©, 2021).

La zona estudiada comprende un área inferior a 6 km² aproximadamente y está dispuesta sobre la parte suroriental de Ciudad Bolívar. El lineamiento estructural tiene una dirección SW-NE (Tablas 2.1 y Figura 2.2).

Tabla 2.1 Cuadrantes dentro de los que se enmarca el área de estudio.

Esquina	Sistema de coordenadas: Universal Transversal de Mercator, UTM (m) Datum: WGS84 Huso: 20	
	Este (m)	Norte (m)
Superior derecha	449.500	895.500
Inferior izquierda	446.500	893.500



Figura 2.2 Rasgo geológico-estructural objeto de estudio (Imagen: National Centers for Environmental Information-NOAA, 2021).

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área de estudio se realiza principalmente por vía terrestre, a través de diferentes arterias viales como avenidas, calles, caminos, senderos entre otros.

Dicho de otro modo, por la troncal 19, Av. Principal de Marhuanta, se toma un desvío por la calle Las Mercedes de Casanova Sur o por la calle principal de Marhuanta Sur que conecta con la calle San Simón, en la ruta que conduce al urbanismo Villa Informativa, a través de calles asfaltadas; o bien, cruzando por la calle La Estrella y/o la calle José Félix Ribas que conducen por caminos de tierra (Figura 2.3).

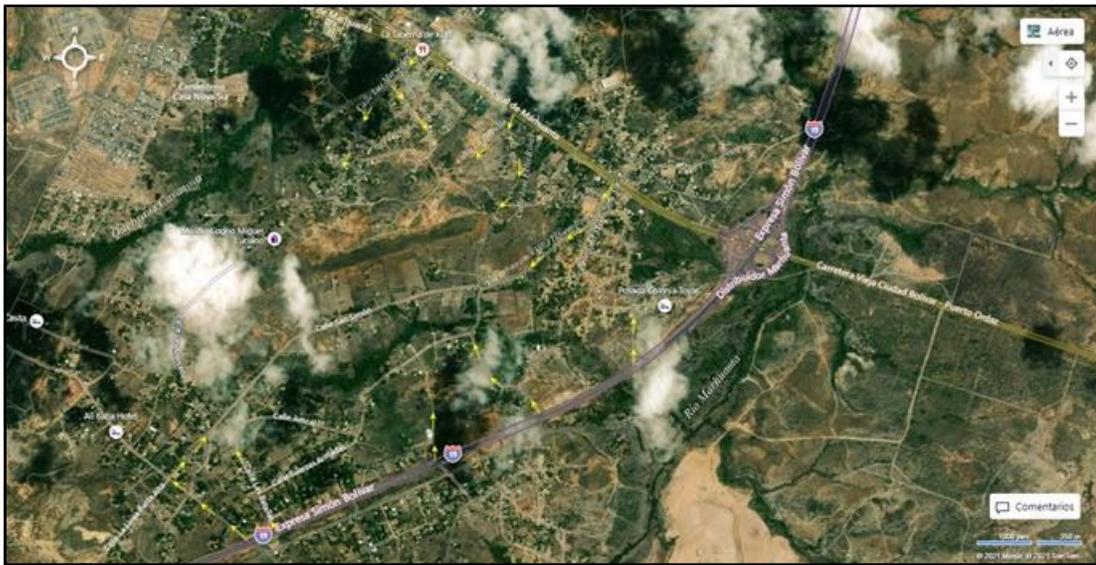


Figura 2.3 Vías de acceso identificadas al área de estudio (Imagen: Bing Maps©, 2021).

2.3 Características del medio físico-natural

2.3.1 Clima

La caracterización climática de la zona se realizó a partir del análisis de los datos correspondientes a las variables meteorológicas registradas en la estación del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Bolivariana-AMB, serial 3882, con sede en el aeropuerto nacional Tomás de Heres de Ciudad Bolívar; la más cercana a la zona de estudio.

La estación se ubica en el punto de coordenadas geográficas: 08°07'07'' latitud norte, 63°32'15'' longitud oeste y a una altura aproximada de 58 msnmm. Es una estación del tipo C1 climatológica y registra datos de precipitación, evaporación, temperatura, radiación solar, insolación, humedad relativa y viento dirección predominante y velocidad (Figura 2.4).



Figura 2.4 Estación meteorológica de la AMB ubicada en el aeropuerto de Ciudad Bolívar.

De acuerdo con Köppen, con respecto a la clasificación climática del área de estudio esta presenta un clima tropical de sabana isotérmico ($A_{wg}'i$ y A_{wgi}).

A continuación, se describe el comportamiento espacial y temporal de los parámetros meteorológicos que definen el clima de la zona de estudio.

El comportamiento espacial se deduce a partir de los mapas climatológicos disponibles para el período 1974-1985, a escala 1:250.000, en el Informe de avance de las hojas NC-20-14 y NB-20-2: clima, geología, geomorfología, suelos, vegetación, del Proyecto Inventario de los Recursos Naturales Renovables de la Región Guayana- PIRNRRG elaborados por la empresa CVG Técnica Minera C.A. (1991).

El comportamiento temporal se analiza a partir de los valores promedios mensuales y anuales suministrados por la estación meteorológica seleccionada, para el período climático comprendido entre 1992-2007 fecha hasta la que se dispone resumen de información.

2.3.1.1 Precipitación

Según los datos de la estación seleccionada, el área de estudio recibe una precipitación media de 83 mm y una precipitación total anual que se ubica en alrededor de los 1.000 mm.

- Distribución espacial de la precipitación media total anual: la pluviosidad en el área aumenta en sentido suroeste-noreste, variando para el período en cuestión 800 mm, a lo largo del corredor este del río Orinoco, a 900 mm, al Norte de Ciudad Bolívar como se observa en el apéndice A.1.

- Distribución temporal de la precipitación media mensual: la media anual de precipitación para Ciudad Bolívar y sus alrededores se ubica en 83 mm y el total anual en 1.000 mm, aproximadamente (Tablas 2.2 y Figura 2.5).

Tabla 2.2 Distribución temporal de la precipitación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar)

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media	Total
Media	31	15	18	25	104	171	180	155	95	81	79	47	83	1.00
Máxima	194	91	111	126	226	357	357	300	210	165	184	212	211	
Mínima	0	0	0	0	29	14	16	6	20	5	8	7	9	
Desviación estándar	48	25	28	33	56	79	85	79	57	44	45	52	52	
Coefficiente de variación	2	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	

De la tabla distribución temporal de la precipitación total y media anual de la estación meteorológica AMB, se deduce que, durante la época de lluvias el coeficiente de variación mensual de la precipitación sobre toda el área va de moderado a bajo; mientras que, en la estación seca, este coeficiente es alto, pudiendo sobrepasar el 100% de desviación con respecto al valor promedio.

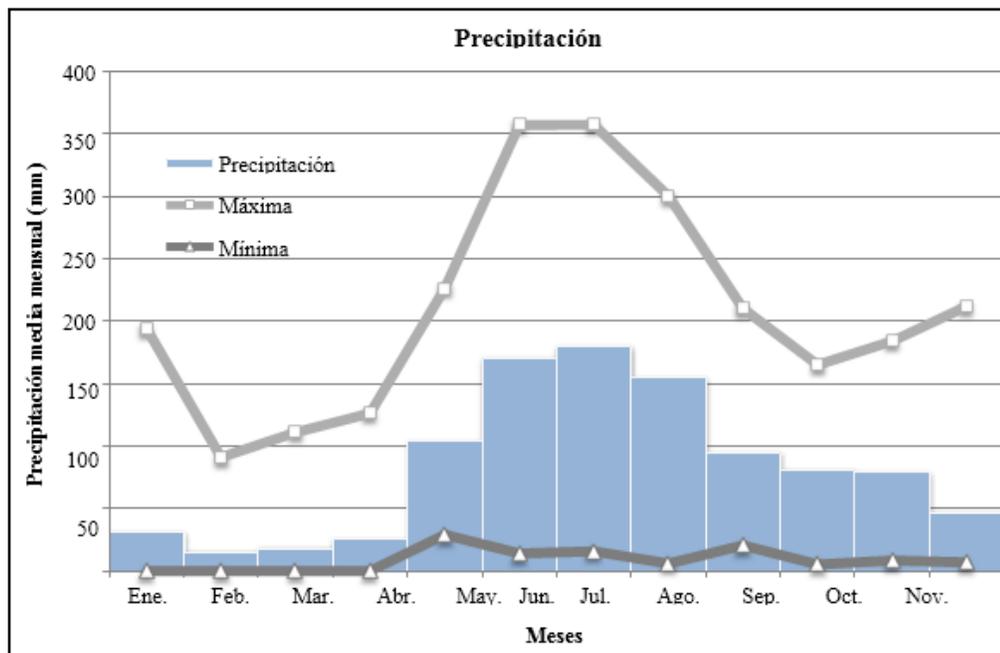


Figura 2.5 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Se distinguen dos períodos de pluviosidad: uno lluvioso, que va desde mayo hasta noviembre, con julio como el mes de mayor pluviosidad (180 mm), y otro de sequía, que va desde diciembre hasta abril, siendo el mes de febrero el que registra la pluviosidad más baja del año (15 mm). Los meses de abril y diciembre se comportan como transicionales entre los períodos de sequía y lluvia y viceversa, respectivamente.

El régimen pluviométrico de la zona es unimodal; es decir, se registra un sólo máximo de pluviosidad durante el año, el cual ocurre en el mes de julio (180 mm), aunque en los meses de junio (171 mm) y agosto (155 mm) se observa un ligero incremento de las lluvias. Las épocas de lluvia concentran aproximadamente el 87% del volumen total de la pluviosidad, en contraste con el 23% de ésta que cae durante los meses de sequía.

2.3.1.2 Evaporación

En el área de estudio se registra una evaporación media total anual de 1.497 mm aproximadamente; según datos de la estación climatológica del aeropuerto de Ciudad Bolívar.

- Distribución espacial de la evaporación media total anual: la evaporación en la zona es alta, oscila entre los 2.800 mm y los 2.950 mm aproximadamente y disminuye en sentido suroeste-noreste como se observa en el apéndice A.2.

- Distribución temporal de la evaporación media mensual: la media anual de evaporación para Ciudad Bolívar y sus alrededores se ubica en 125 mm, mientras que el total anual oscila alrededor de los 1.497 mm (Tabla 2.3 y Figura 2.6).

Tabla 2.3 Distribución temporal de la evaporación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media	Total
Media	145	160	183	170	128	88	88	93	102	115	102	123	125	1.497
Máximo	309	379	309	283	226	135	174	212	187	208	168	228		35
Mínimo	12	14	14	16	14	9	7	8	9	10	13	12		11
Desviación estándar	77	90	91	93	67	38	44	51	48	52	41	56		62
Coefficiente de variación	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0		0

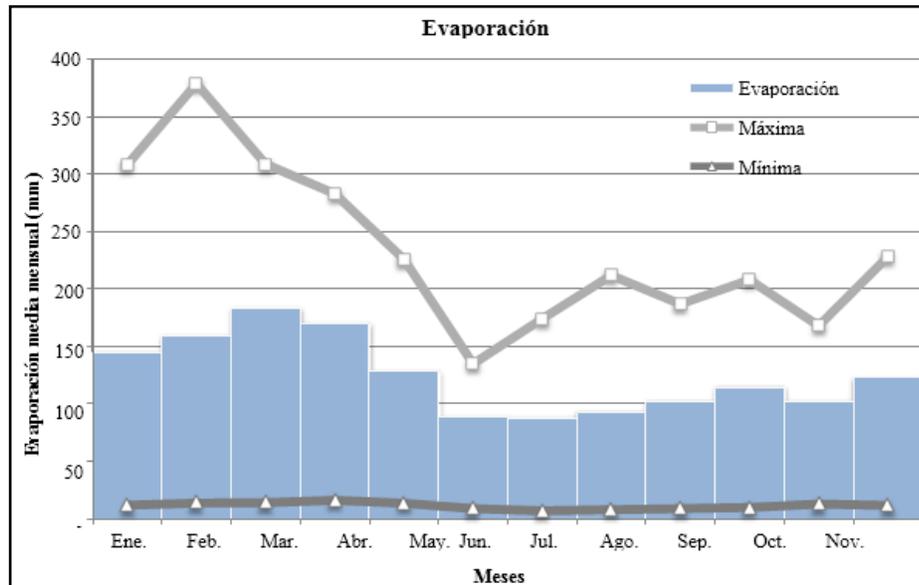


Figura 2.6 Distribución temporal de la evaporación media mensual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Los meses de mayor evaporación mayor eficiencia de la evaporación van desde enero hasta mayo, con máximos durante marzo (183 mm) y abril (170 mm), debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa, así como también al sensible aumento en la velocidad del viento. La evaporación registra su valor más bajo durante los meses que van desde junio hasta agosto, con mínimos en junio (88 mm) y julio (88 mm). Las diferencias establecidas entre los valores medidos por la estación y los reflejados por las curvas de evaporación se deben, quizá, a los métodos empleados para la determinación de esta variable.

2.3.1.3 Temperatura del aire

La temperatura media anual del aire para la zona es de $27,7^{\circ}$ C aproximadamente, según la estación climatológica del aeropuerto de Ciudad Bolívar.

- Distribución espacial de la temperatura media anual del aire: en los apéndices A.3 hasta A.5 (apéndice A). Se muestran el comportamiento promedio de las temperaturas máxima, media y mínima sobre el área de estudio. Las mayores temperaturas medias, superiores a los $27,5^{\circ}$ C, se localizan hacia la parte norte del área estudiada; disminuyendo en sentido noroeste-sureste.

- Distribución temporal de la temperatura media mensual del aire: la media anual se estima en $27,7^{\circ}$ C, la máxima anual en $28,8^{\circ}$ C y la mínima anual en $26,6^{\circ}$ C. El máximo principal ocurre en el mes de abril ($29,2^{\circ}$ C), con un máximo secundario durante el mes de octubre ($28,1^{\circ}$ C), y los valores mínimos se registran en los meses de enero ($26,7^{\circ}$ C), julio ($27,0^{\circ}$ C) y diciembre ($27,0^{\circ}$ C) este comportamiento temporal y espacial poco variable se debe al poco desnivel topográfico y a la ubicación geográfica del área dentro de la zona de convergencia intertropical, ZCIT (Tabla 2.4 y Figura 2.7).

Tabla 2.4 Distribución temporal de la temperatura media anual del aire en $^{\circ}$ C durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	26,7	27,2	28,2	29,2	28,5	27,2	27,0	27,3	27,9	28,1	27,6	27,0	27,7
Máximo	28,1	29,2	29,4	30,5	29,9	28,2	27,8	27,9	28,9	28,9	28,2	28,1	28,8
Mínimo	25,6	25,5	26,8	27,5	27,6	26,1	26,2	26,4	27,0	27,2	27,0	25,9	26,6
Desviación estándar	0,7	0,9	0,8	0,9	0,8	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6
Coefficiente de variación	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

La temperatura presenta un comportamiento bimodal; es decir, las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica marzo ($28,2^{\circ}$ C), abril ($29,2^{\circ}$ C) y mayo ($28,5^{\circ}$ C), con máximos secundarios durante el otoño astronómico septiembre ($27,9^{\circ}$ C), octubre ($28,1^{\circ}$ C) y noviembre ($27,6^{\circ}$ C).

Mientras que las temperaturas más bajas se registran durante el invierno astronómico diciembre ($27,0^{\circ}\text{C}$), enero ($26,7^{\circ}\text{C}$) y febrero ($27,2^{\circ}\text{C}$), con mínimos secundarios durante el verano astronómico junio ($27,2^{\circ}\text{C}$), julio ($27,0^{\circ}\text{C}$) y agosto ($27,3^{\circ}\text{C}$).

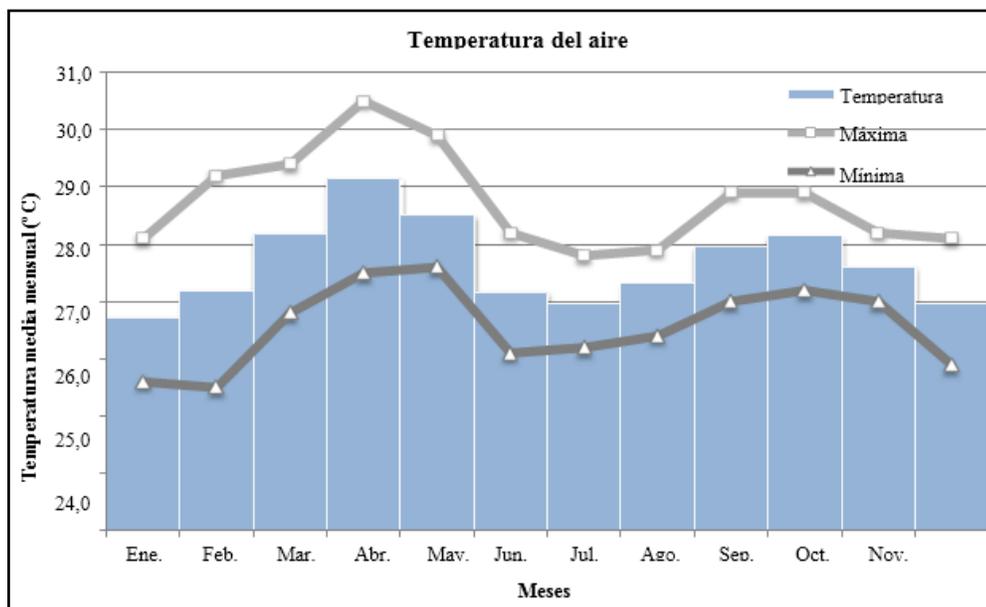


Figura 2.7 Distribución temporal de la temperatura media mensual del aire en $^{\circ}\text{C}$ durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Durante los meses de máxima precipitación –mayo a noviembre– se observa un descenso de la temperatura ($27,7^{\circ}\text{C}$), un aumento de la humedad del aire (81,0%) y una disminución de la velocidad del viento (9,7 km/h); según datos de la estación meteorológica considerada. Este comportamiento concuerda con los procesos termodinámicos de la atmósfera y de la advección de masas de aire con características de la ZCIT. La amplitud térmica anual promedio se ubica entre los valores de $1,5^{\circ}$ a 2°C aproximadamente, lo que ratifica la condición de isoterminia del clima del área.

2.3.1.4 Radiación solar

El área de estudio recibe una radiación solar directa y difusa promedio anual equivalente a 16,39 Cal/cm².min, según datos de la estación del aeropuerto de Ciudad Bolívar.

- Distribución espacial de la radiación solar media anual: la radiación solar disminuye en sentido noreste-suroeste, con oscilaciones que van desde las 390 Cal/cm².día hasta las 410 Cal/cm².día sobre el área de estudio, como se observa en el apéndice A.6.

- Distribución temporal de la radiación solar media anual: la radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en marzo (18,15 Cal/cm².min), abril (17,62 Cal/cm².min), agosto (17,58 Cal/cm².min) y septiembre (17,71 Cal/cm².min); coincidiendo con las épocas de equinoccios de primavera y de otoño, respectivamente (Tabla 2.5 y Figura 2.8).

Tabla 2.5 Distribución temporal de la radiación solar media anual en MJ/m² durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	15,54	16,84	18,15	17,62	15,56	15,18	16,37	17,58	17,71	16,47	15,22	14,41	16,39
Máximo	21,10	21,31	22,78	21,02	19,65	18,90	20,14	21,72	21,05	19,42	18,33	18,23	20,30
Mínimo	11,94	13,59	14,18	13,80	11,38	11,84	12,45	13,75	13,52	13,09	12,04	10,76	12,70
Desviación estándar	2,20	2,19	2,29	2,20	2,36	2,00	2,12	2,25	2,34	1,98	1,81	2,11	2,16
Coefficiente de variación	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,15	0,13

Los valores mínimos se registran durante el solsticio de verano, en el mes de junio (15,18 Cal/cm².min), y durante la época de solsticio de invierno, en el mes de diciembre (14,41 Cal/cm².min).

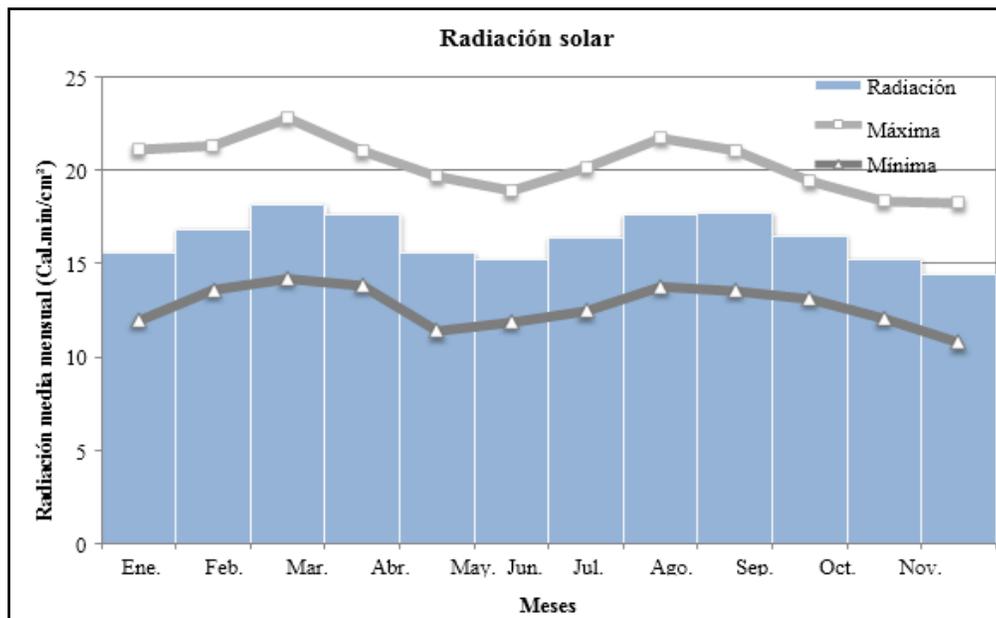


Figura 2.8 Distribución temporal de la radiación solar media mensual en MJ/m² durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar)

2.3.1.5 Insolación

El área recibe en promedio unas 7,5 horas de brillo solar; de acuerdo con datos de la estación climatológica del aeropuerto de Ciudad Bolívar para el período climatológico considerado.

- Distribución espacial de la insolación media anual: en líneas generales, la insolación disminuye en sentido suroeste-noreste, pasando de 7,6 horas de Sol a 7,8 horas de Sol sobre el área de estudio aproximadamente como se observa en el apéndice A.7.

- Distribución temporal de la insolación media anual: en promedio el área recibe 7,5 horas de brillo solar (Tabla 2.6 y Figura 2.9).

Tabla 2.6 Distribución temporal de la insolación media anual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar)

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	7,3	7,8	8,2	7,8	6,9	6,4	6,9	7,4	8,0	8,1	7,7	7,5	7,5
Máximo	8,8	9,8	9,5	9,5	9,2	7,5	7,5	8,5	9,1	8,7	9,1	8,6	8,8
Mínimo	3,9	4,7	6,7	6,4	5,3	5,4	5,6	6,2	7,1	7,5	6,7	6,5	6,0
Desviación estándar	1,2	1,3	0,7	0,8	1,0	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,8
Coefficiente de variación	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1

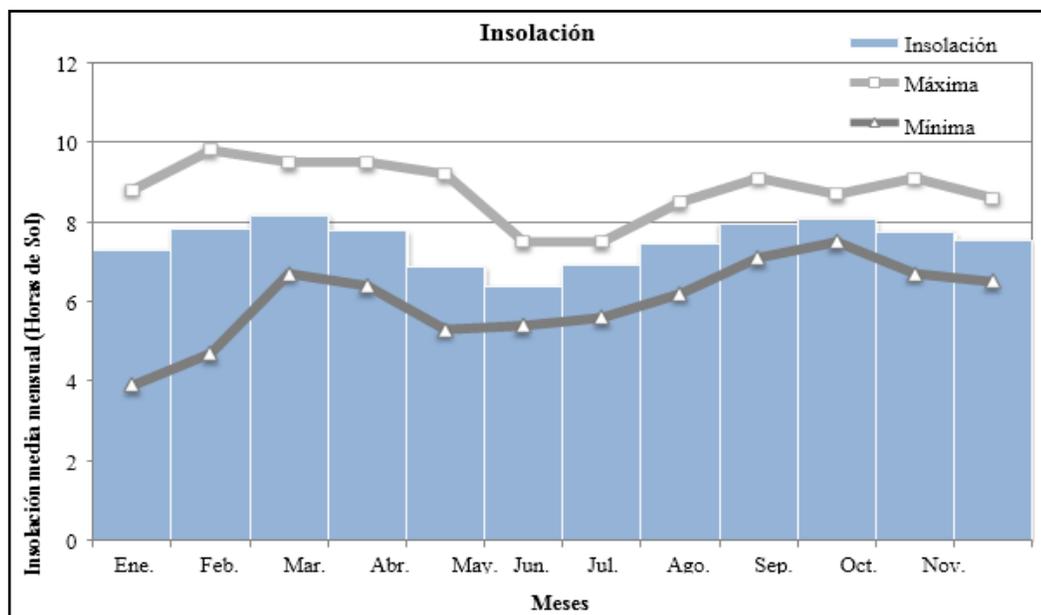


Figura 2.9 Distribución temporal de la insolación media mensual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

La variación temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del Sol, de la nubosidad, de las precipitaciones y del estado de transparencia de la atmósfera.

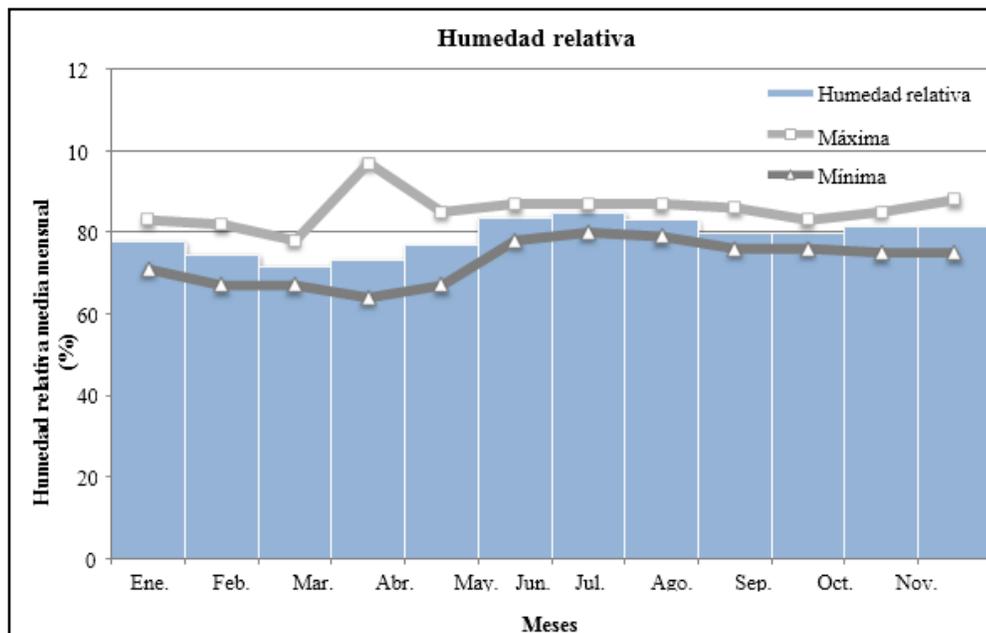


Figura 2.10 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en % durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Los valores máximos de humedad relativa se presentan durante los meses de junio (84%), julio (85%) y agosto (83%) es decir, durante los meses de mayor precipitación; mientras que los valores mínimos se alcanzan en la época de febrero (75%), marzo (72%) y abril (73%).

2.3.1.7 Velocidad del viento

La velocidad media anual predominante determinada a 0,65 metros sobre el suelo es de 11,8 km/h y su dirección prevaleciente es en sentido este-noreste, E-NE. Cabe resaltar, que la velocidad del viento es menor de julio a octubre, con mínimo en agosto (7,9 km/h), y máxima durante el mes de marzo (16,0 km/h) (Tabla 2.8 y Figura 2.11).

Tabla 2.8 Distribución temporal de la velocidad media del viento anual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	14,2	15,5	16,0	14,9	13,1	10,6	8,9	7,9	8,5	8,7	10,4	12,3	11,8
Máximo	15,5	17,3	17,6	17,1	15,2	13,0	10,8	10,4	10,3	11,9	12,6	14,4	13,8
Mínimo	12,8	12,3	12,4	10,8	8,3	7,9	7,3	5,8	6,9	3,0	7,1	11,2	8,8
Desviación estándar	0,9	1,2	1,2	1,5	1,9	1,4	1,1	1,3	1,1	1,9	1,4	0,9	1,3
Coefficiente de variación	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1

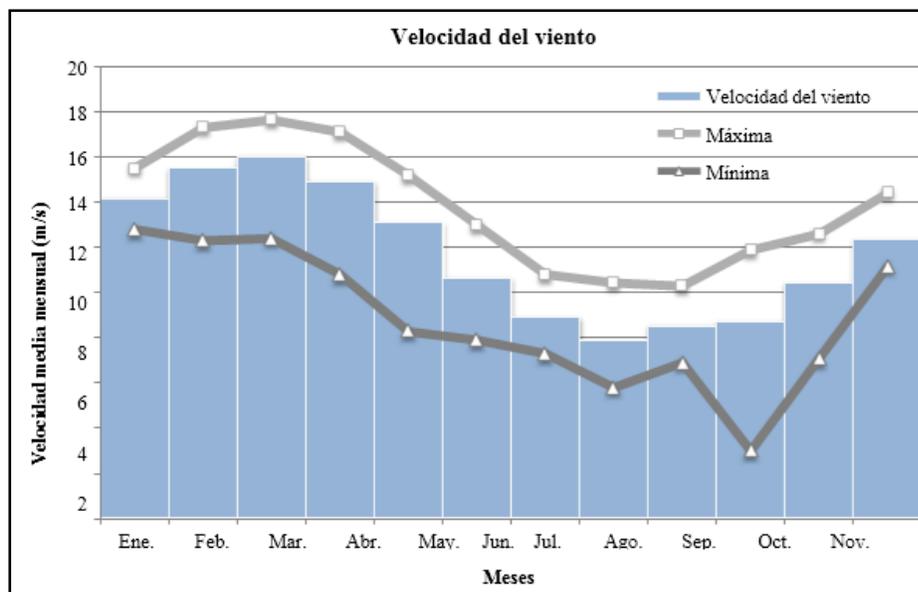


Figura 2.11 Distribución temporal de la velocidad media del viento mensual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica AMB, Aeropuerto Tomás de Heres de Ciudad Bolívar).

2.3.2 Geología

El área de estudio se localiza al Norte del Escudo de Guayana, en la Provincia Geológica de Imataca (Figura 2.12).

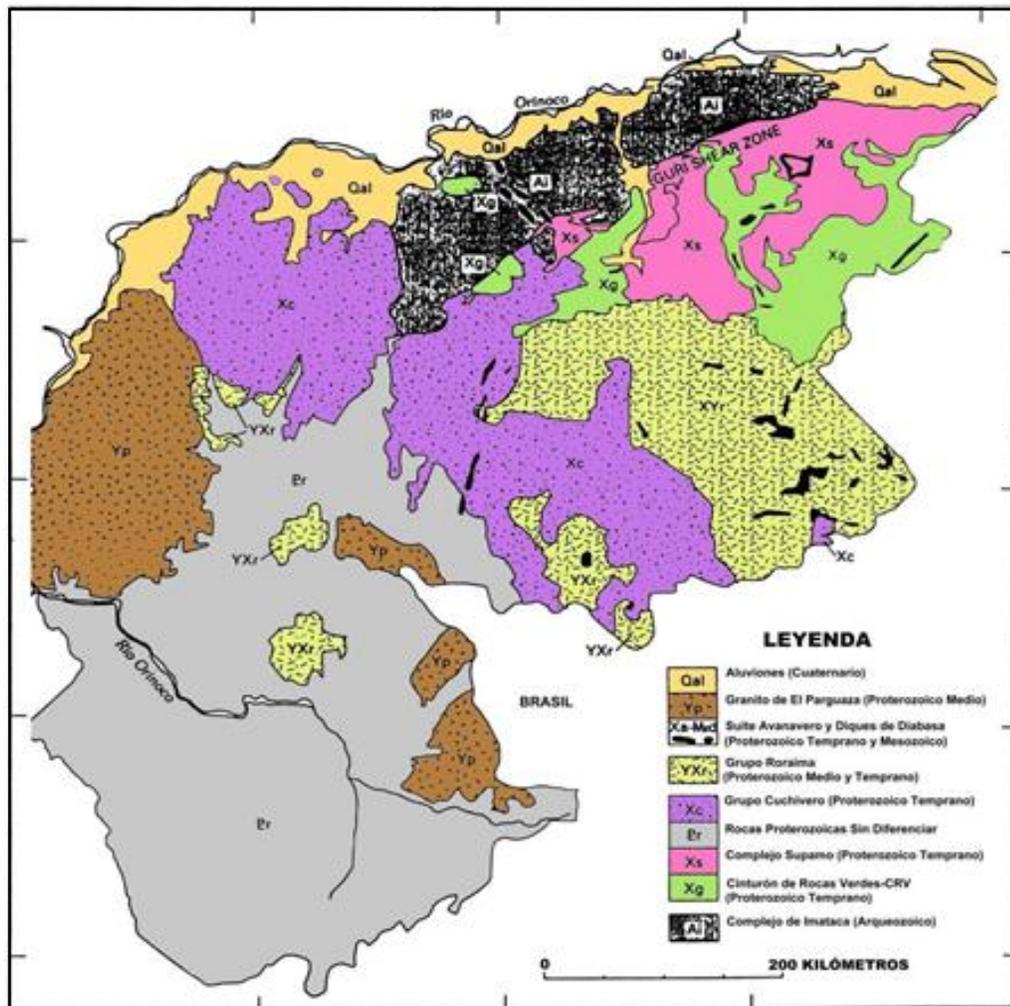


Figura 2.12 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca (Sidder y Mendoza, 1995, en, Mendoza S., 2000).

Regionalmente en esta área se distinguen tres unidades litológicas representadas, de más antigua a más joven, por el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los sedimentos Recientes (Figura 2.13).

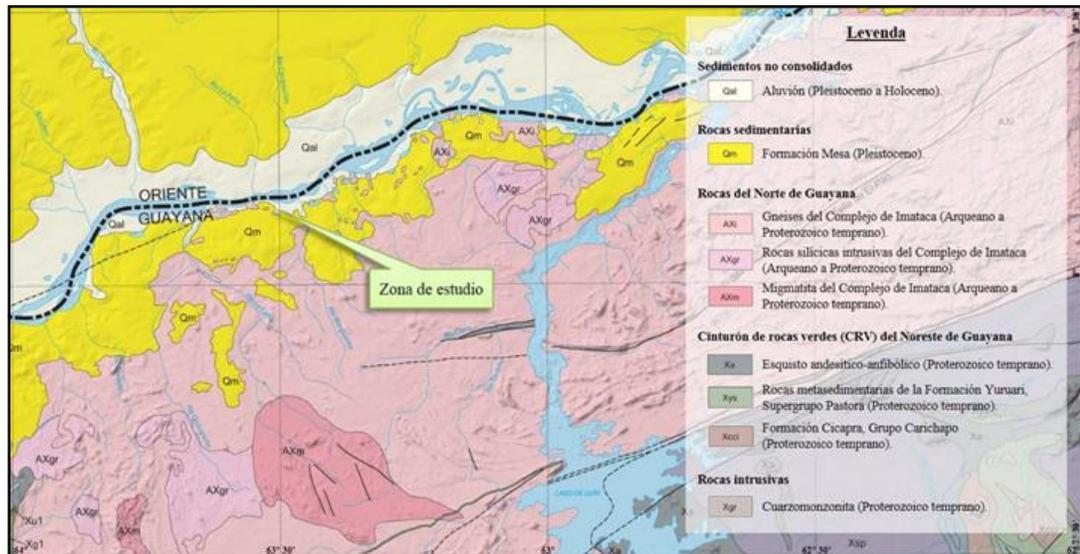


Figura 2.13 Unidades litotectónicas que afloran en el área de estudio (U.S. Geological Survey, USGS, 2006).

2.3.2.1 Complejo de Imataca

Se extiende como una faja angosta en dirección suroeste-noreste, a lo largo de 550 km de longitud, desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco donde queda cubierta bajo los sedimentos de éste— y en dirección noroeste-sureste, aflorando por unos 80 km de ancho, desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Guri (Menéndez, 1968, en CVG Técnica Minera C.A., 1991; Mendoza S., 2000).

- Asociaciones litológicas: dentro de esta provincia se observa un variado número de asociaciones litológicas entre cinturones de rocas verdes—CRV, migmatitas, granulitas, metasedimentos, gneises graníticos e intrusiones de granitos posteriores (González de Juana et al., 1980; Cordani et al., 2000, y Tassinari et al., 2000, en Mendoza S., 2000).

Esta asociación de rocas, la diversidad y complejidad de las estructuras geológicas incluidas dentro de esta provincia es lo que se conoce como Complejo de

Imataca; el cual está litológicamente formado por gneises graníticos y granulitas félsicas (60-75%), anfibolitas y granulitas máficas y ultramáficas (15-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro o BIF, dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos jóvenes y, remanentes erosionados de CRVs poco metamorfizados y jóvenes asociados a tonalitas-trondjemitas-granodioritas como el CRV-TTG gnéisicos El Torno-Real Corona (Mendoza S., 2000).

- Contactos geológicos: el contacto inferior del Complejo de Imataca se desconoce; sin embargo, algunos autores especulan que el mismo formó parte del basamento de la secuencia supracortical de CRVs tanto de las provincias geológicas de Pastora como de Imataca (Kalliokoski, 1965, y Menéndez, 1994, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

Así, los remanentes de CRVs actúan como “ventanas” del Arqueozoico típicas de un Modelo de Glikson (1976), en el que casi todos los CRVs descansan sobre un basamento de anfibolitas y granulitas más antiguas (Mendoza S., 2000).

En el caso de Imataca, al menos un bloque de 44.000 km² tiene sobre sí remanentes de CRV, La Esperanza-Real Corona, y gneises tipo Complejo de Supamo de 2,24 Ga formando la asociación CRV-TTG sobre un basamento granulítico más antiguo (Sidder et al., 1991, en Mendoza S., 2000).

El contacto superior del Complejo de Imataca es discordante con la Formación Mesa (PDVSA Intevep S.A., 1997), al Norte; y con las unidades de sedimentos Recientes y suelos suprayacentes (Mendoza S., 2000).

- Edad: se estima en unos 3,50-3,60 Ga –Arqueozoico– y puede corresponder con la edad de las rocas originales previas al metamorfismo –Orogénesis Guriense– (Montgomery et al., 1977, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

La Figura 2.14 y la Tabla 2.9 muestran los periodos en los que las rocas del Complejo de Imataca sufrieron rejuvenecimiento y movilización parcial, originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas.

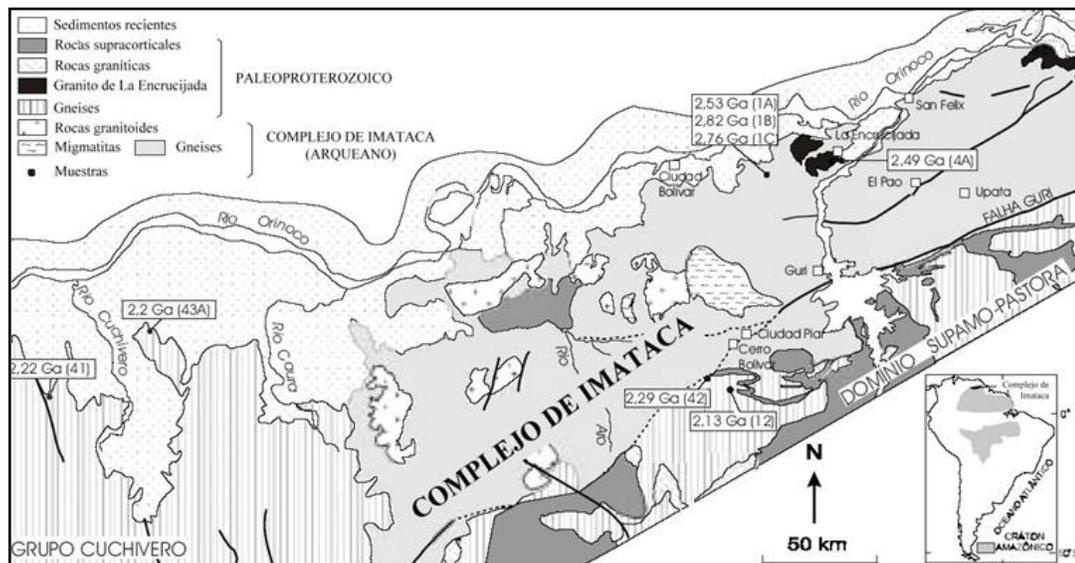


Figura 2.14 Edades reconocidas dentro del Complejo de Imataca (Teixeira, Tassinari, y Mondin, 2002).

Tabla 2.9 Secuencia litotectónica de los eventos registrados en el Escudo de Guayana (Sidder y Mendoza, 1995, en, Mendoza S., 2000, pp. 39, 41-42, 45).

Evento mundial	Edad (Ga)	Eventos geológicos	
	< 0,001	Formación Mesa.	
Planación	Cenozoico	Levantamiento, erosión, planación.	
Nuevo océano	0,21-0,20	Orogénesis Herciana: Apertura Océano Atlántico / Con ciclos de Wilson de 0,20 Ga se separa el supercontinente Pangea en bloques continentales y comienza a formarse el Océano Atlántico / Intrusión de diques de rocas gabroides a norítico-diabásicas en Imataca / Falla de Guri actuando como una falla de transformación en la parte oceánica y como una falla transcurrente en la parte continental.	Dique Laguna, magmas toleíticos
Collage	0,50-0,35	Supercontinente Gondwana-Laurentia (Pangea).	
Kimberlitas	0,85-0,55	Orogénesis Brasiliana-Panafricana: al final de este evento, mejor desarrollado al SE de Brasil, cratón San Francisco y África occidental, se forma otro nuevo supercontinente: Gondwana (0,55-0,45 Ga), como la parte sur del supercontinente Pangea / Gran cantidad de pegmatitas y aplitas intrusivas en Imataca con edades probables de las orogénesis Nickeriana y Brasiliana.	Supercontinente Gondwana
	0,85-0,75	Rifting del supercontinente Rodinia: reactivación de grandes fallas y cruces de fallas, a través de las cuales se emplazaron complejos carbonáticos (Cerro Impacto), lamprófiros del Neoproterozoico (0,85 Ga) y kimberlitas eclogíticas (0,71 Ga) (Quebrada Grande, Guaniamo).	
Collage	1,10 ± 0,10	Orogénesis Nickeriana-Grenvilliana: cierre de los mares / Nueva colisión de placas y aglutinamiento de bloques durante el Mesoproterozoico (1,20-1,00 Ga) / Milonitización y reactivación de fallas como la de Guri / FEV, metamorfismo retrógrado / Esta orogénesis equivale en tiempo a la orogénesis Grenville cuya fase final de colisiones múltiples y aglutinamientos condujo a la formación del supercontinente de Rodinia hace 1,00 Ga.	Supercontinente Rodinia
		Seudotakilitas Falla de Guri.	
		Jari-Falsino (Brasil)-Mitu-Garzón (Colombia).	
Granitos Rapakivis	1,50 ± 0,05	Parguazensis: granito rapakivi de El Parguaza / Disrupción mayor del gran supercontinente Atlántica-Caura durante el Mesoproterozoico (1,55-1,35 Ga) con el emplazamiento de material del manto a la corteza; la mezcla o contaminación con material basal-costral granulítico-charnockítico del tipo Complejo de Imataca y la posterior diferenciación de este magma híbrido o contaminado dio origen a los granitos rapakivis de El Parguaza, Surucucú y equivalentes / Desarrollo de pequeños mares con sedimentación de rocas carbonáticas-dolomíticas y algunas sedimentarias samíticas y pelíticas clásticas, con pocas o escasas volcánicas dacítico-andesíticas intercaladas / Gran parte de esta secuencia fue erosionada después de la orogénesis Nickeriana o Grenvilliana / Emplazamiento de algunos complejos máficos-ultramáficos y alcalinos en áreas continentales durante el Mesoproterozoico (1,40- 1,30 Ga) / Algunas dolomitas sin datar, aunque asumidas del Arqueozoico, aparecen en el tope del Complejo de Imataca; sin embargo, fueron totalmente erosionadas del resto del Escudo de Guayana.	Supercontinente Atlántica-Caura
	1,70-1,65	Sutura Caura: collage tectónico / Colisión Imataca-Pastora (parte del supercontinente Atlántica) contra el arco magmático de Cuchivero hace 1,85-1,80 Ga / Ampliación del supercontinente Atlántica con Cuchivero, Báltica, etc., en la zona de sutura conocida como Frente Tectónico del río Caura.	
Rift continental	1,75-1,65	Asociación Avanavero: diabasas y gabros toleíticos.	

Continuación Tabla 2.9 Secuencia litotectónica de los eventos registrados en el Escudo de Guayana (Sidder y Mendoza, 1995, en, Mendoza S., 2000, pp. 39, 41-42, 45).

Evento mundial	Edad (Ga)	Eventos geológicos	
	1,75-1,45	Sedimentación de facies tipo molasa post-tectónicas del Supergrupo Roraima: inicio del fracturamiento del supercontinente Atlántica y emplazamiento de rocas básicas de la Asociación Avanavero y equivalente en Imataca (no se conocen remanentes de Roraima sobre Imataca, aunque si existen rocas básicas intrusivas equivalentes de Avanavero en Imataca).	
	1,86-1,73	Fin de la orogénesis post-Transamazónica: 1,98-1,88 Ga FEV, rocas graníticas intrusivas al NW del estado Bolívar. Evento tectonotermal suave de poca afectación sobre el Complejo de Imataca, aunque intrusiones de granitos más jóvenes intrusieron al complejo.	1.900-1.700 Evento Uatumá
	1,86-1,73	Rocas graníticas sin diferenciar de Amazonas.	
	1,86-1,79	Fin del magmatismo (arco magmático) de Cuchivero / Fin del evento Orocaima.	
	1,93-1,79	Rocas graníticas volcano-plutónicas calco-alcalinas de Cuchivero.	
	1,98-1,93	Comienzo del magmatismo de arco de Cuchivero / Evento Orocaima.	
Collage		Granulitización de Imataca (?).	
Cambio atmosférico	2,15-1,96	Orogénesis Transamazónica: colisión continental / Desarrollo de los océanos Pastora, Barama-Mazzaruni, etc., con la colisión de los arcos de islas que dieron origen a los C.R.V de Pastora-Botanamo-Imataca y rocas graníticas, T.T.G de Supamo, Bartica y equivalentes / Subducción y cierre de esos océanos / Colisión de los C.R.V-T.T.G con las rocas granulíticas-migmatíticas-anfibolíticas de Imataca-Kanukú de 2.300-1.950 m.a. / Fin de la granulitización de rocas formadas durante las orogénesis Guriense y pre-Transamazónicas (?), lo que originó otro gran supercontinente denominado Atlántica (Rogers, 1.996 citado por Mendoza, op. cit.) / Rocas T.T.G de Supamo que intrusionan al Complejo de Imataca hacia los 2,20 Ga en La Esperanza.	Supercontinente Atlántica
	< 2,00	Rocas graníticas intrusivas ricas en K2O.	
	2,05-2,23	Rocas intrusivas graníticas sódicas del Complejo de Supamo.	
	2,10-2,00	Cinturones de rocas verdes (C.R.V) más jóvenes, CA, tipo Botanamo.	
	2,25-2,30	Cinturones de rocas verdes (C.R.V) más viejos, TK, tipo Pastora.	
	2,40-2,30	Disrupción (rifting) del supercontinente Guayanensis: intrusiones de magmas basálticos, anarogénicos, emplazados del manto superior a la corteza Imataca (estas rocas aún no han sido plenamente identificadas).	
Collage	2,60-2,50	Choque y aglutinación (collage) de microcontinentes en un gran supercontinente conocido como Guayanensis.	Supercontinente Guayanensis
Granulitas	2,96-2,85	Orogénesis pre-Transamazónica (Aroensis): anfibolitización, granulitización y migmatización de las rocas originadas durante la orogénesis Guriense.	Migmatita de La Ceiba y granulitas de Imataca
Antiguas	3,35-3,00	Orogénesis Guriense (3,40 Ga): formación de primitivos C.R.V y complejos tonalíticos (T.T.G) pre-Imataca.	
	3,70-3,40	Protolito Complejo de Imataca / Orogénesis Guriense.	
	4,50-4,00	Bombardeo de meteoritos sobre la Tierra: 40-60% fusión del manto-núcleo / Formación y evolución de rocas komatíticas y relacionadas.	
	4,70 ± 0,20	Primitivo planeta Tierra.	

• Evolución tectónica y petrogénesis: se cree que una parte del Complejo de Imataca –entre los ríos Aro y Caroní– está formada por seis o más dominios o fajas tectónicas, separadas entre sí por grandes fallas de corrimiento. Estas fajas representan microcontinentes colisionados por deriva con obducción de unos contra otros, a saber: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Ascanio, 1975, en, González de Juana et al., 1980, y en, Mendoza S., 2000) (Figura 2.15).

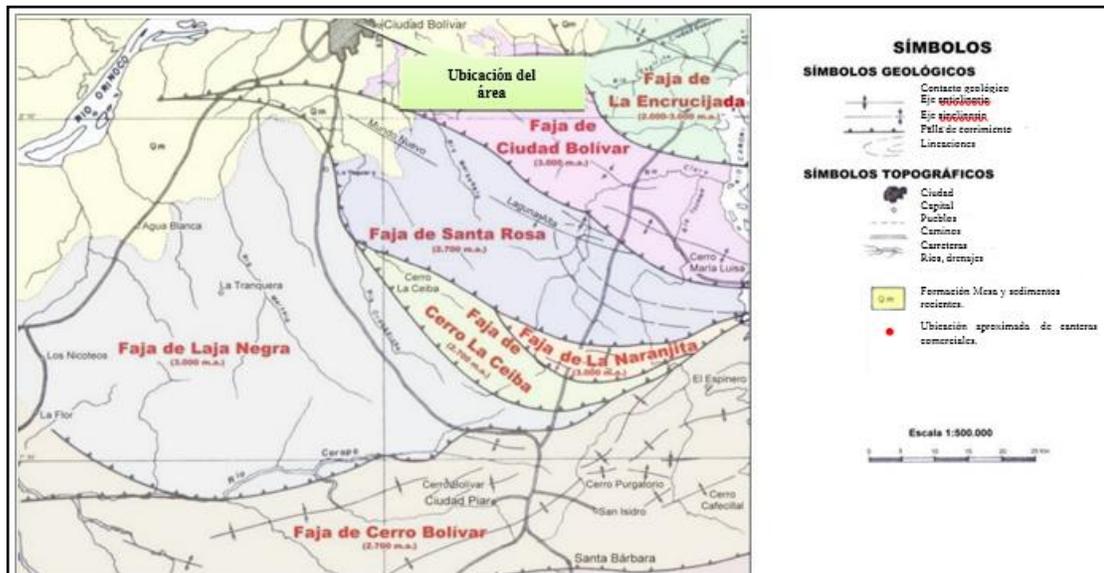


Figura 2.15 Unidades o fajas litotectónicas mayores que conforman el Complejo de Imataca (Ascanio, 1975, en, González de Juana et al., 1980).

Los tipos de rocas asociadas a cada una de estas unidades tectónicas son por lo general graníticas, charnoquíticas y migmatíticas; todas de gran importancia en la industria ornamental (Rodríguez, 1997, en, Mendoza S., 2000).

En general, el metamorfismo registrado en las rocas del Complejo de Imataca decrece desde la mina de hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas, granulitas máficas y ultramáficas que sugieren temperaturas de 750-850° C y moderadas a elevadas presiones de 8-8,5 kbs, equivalentes a menos

de 30 km de presión de roca, hacia la zona de Guri, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas con granate-cordierita-sillimanita que implican temperaturas de 650-700° C y presiones de 4-7 kbs, o sea menores de 20 km de espesor de roca (Mendoza S., 2000).

Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan como evolucionados de primitivos CRVs y complejos graníticos potásicos y sódicos, tectonizados y metamorizados hasta alcanzar las facies anfibolítica y granulítica; para ser sometidos posteriormente a metamorfismo retrógrado y así registrar toda la historia evolutiva del Escudo (Mendoza S., 2000).

- Rasgos estructurales: el complejo muestra grandes diferencias de deformación tectónica y patrones estructurales; en sus rocas se han formado tanto pliegues alargados como domos equidimensionales, algunos de los cuales están fuertemente volcados, pero no muestran un patrón regional consistente (CVG Técnica Minera C.A., 1991; Figura 2.16).

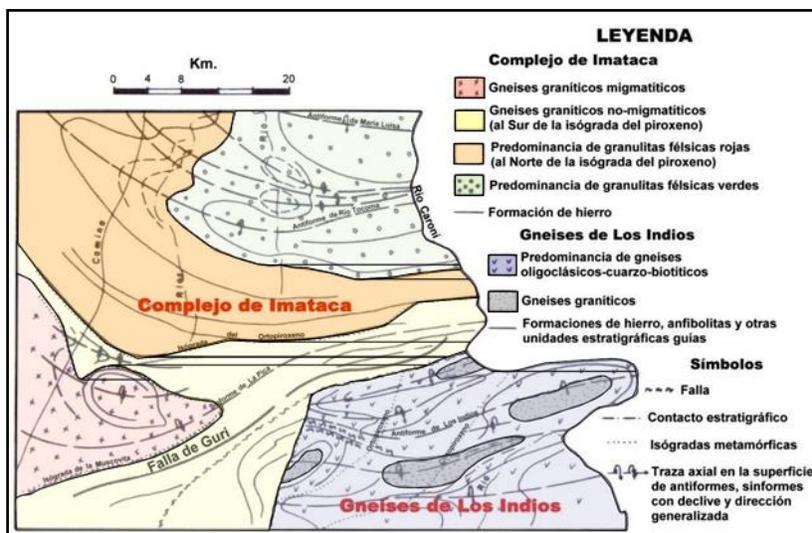


Figura 2.16 Mapa geológico del Complejo de Imataca al Oeste del río Caroní (Dougan, 1972, en, González de Juana et al., 1980).

2.3.2.2 Formación Mesa

Se extiende por los llanos centro-orientales y orientales estados Guárico, Anzoátegui, Monagas; sin embargo, se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar inmediatamente al Sur del río Orinoco (PDVSA Intevep S.A., 1997).

- Localidad tipo: no se ha definido una sección tipo dado que la formación geológica aflora en casi todas las mesas Guanipa en Anzoátegui, Tonoro y Santa Bárbara en Monagas y en los escarpes de Santa Rosa en Anzoátegui con secciones representativas (PDVSA Intevep S.A., 1997) (Figura 2.17).

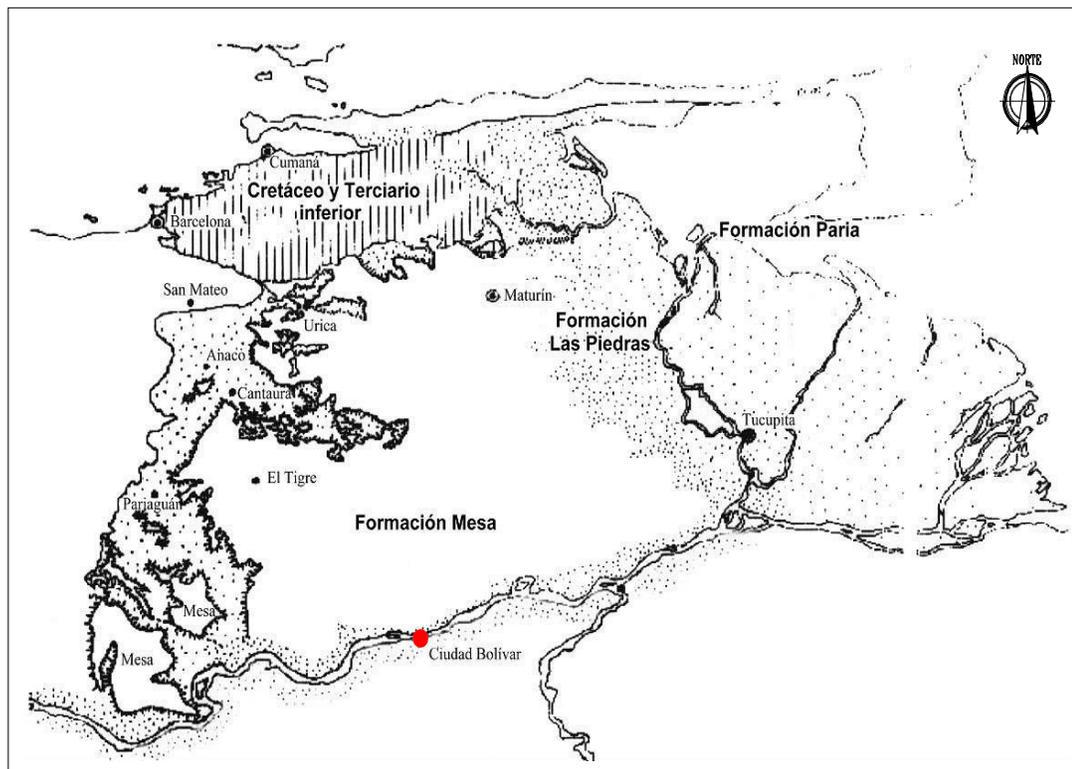


Figura 2.17 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA Intevep S.A., 1997).

- Litología: consiste de arenas de grano grueso y otras de color blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada –límites norte y sur de la Mesa de Guanipa–; otras no compactadas –llanos centro-orientales– (González de Juana, 1946, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

Gravas con mucho cemento ferruginoso, muy duras –límites norte y sur de la Mesa de Guanipa–; en algunos afloramientos la parte superior –76 m– consiste en gravas con intercalaciones de arenas y arcilla roja y amarillo intenso mientras que la parte inferior –60 m– está formada por clásticos finos: arenas gris y blanco, intercaladas con arenas arcillosas y arcillas gris abigarradas –Santa Bárbara de Maturín– (González de Juana, 1946, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

Arcillas moteadas y abigarradas, con nódulos sin arena Suroeste de Maturín; algunas en lentes discontinuos de arcilla arenosa y lentes de limonita límites norte y sur de la Mesa de Guanipa (González de Juana, 1946, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

Conglomerados de color rojo oscuro a casi negro, muy duros debido al alto grado de cementación y endurecimiento de las gravas límites norte y sur de la Mesa de Guanipa; en capas lenticulares de más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas Noroeste de Santa Rosa; con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 15 cm de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas (González de Juana, 1946, y Furrer y Castro, 1997, comentarios enviados al CIEN, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

Los sedimentos de la Formación Mesa gradan de Norte a Sur de más grueso a más fino, al alejarse de las cadenas montañosas del Norte; y de más fino a más grueso, desde la parte central de Monagas hasta el macizo de Guayana (PDVSA Intevep S.A., 1997).

- **Espesor:** es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, a consecuencia del cambio en la sedimentación fluvial y deltaica, y aumenta de Oeste a Este, debido al avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana et al., 1980).

Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 metros –Mesa de Maturín– (González de Juana et al., 1980); mientras que en el estado Bolívar rara vez sobrepasa los 20 metros (PDVSA Intevep S.A., 1997).

- **Contactos geológicos:** la Formación Mesa suprayace en contacto discordante sobre la Formación Las Piedras del Plioceno (González de Juana et al., 1980).

En el estado Bolívar la Formación Mesa suprayace, en posición discordante y sobre una superficie irregular, a las rocas del Complejo de Imataca; encontrándose acuñada en el Escudo de Guayana como una faja angosta paralela al río Orocopiche, en la zona comprendida en los alrededores de Ciudad Bolívar, entre el río Candelaria y el río Aro, que se va haciendo más delgada hasta alcanzar espesores menores a los 100 metros (PDVSA Intevep S.A., 1997) (Figura 2.18).

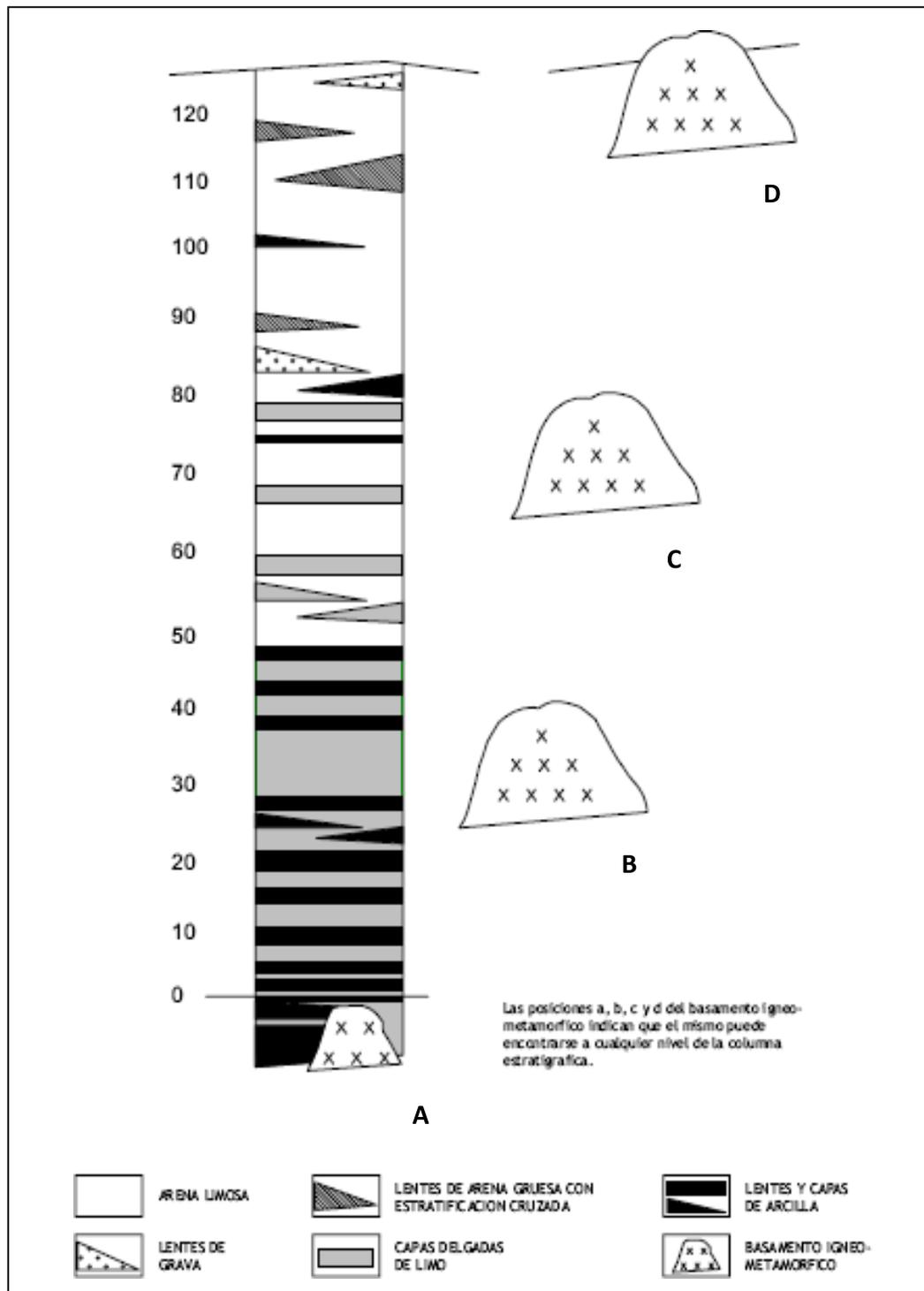


Figura 2.18 Columna estratigráfica de la Formación Mesa representativa entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana (Yáñez G., 1986).

En el área de Ciudad Bolívar, se sugiere la subdivisión de esta formación en dos horizontes: uno superior, de color generalmente rojizo, producto de la lixiviación del hierro, conformado por una secuencia de arcillas limoníticas y arenas bien estratificadas con concreciones de hierro, y otro inferior, menos afectado por lixiviación, que se presenta como un estrato de limo-arcillas y arenas de tonos claros (Macabril G. y Serrano B., 2010) (Figura 2.19).



Figura 2.19 Formación Mesa como se observa hacia las cabeceras del río San Rafael en Ciudad Bolívar (Cabrera J. y Hurtado O., 2008).

- Fósiles: se han encontrado fósiles de agua dulce, asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada (González de Juana et al., 1980).

- Edad: se ha postulado una edad del Pleistoceno para la Formación Mesa (PDVSA Intevep S.A., 1997).

- Correlación: los sedimentos de la Formación Mesa gradan hacia el Este a sedimentos de la Formación Paria (PDVSA Intevep S.A., 1997).

- Paleoambientes: se interpreta que la Formación Mesa es producto de un extenso delta que avanzó hacia el Este –en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco– depositando secuencias fluviales, deltaicas y paludales. El relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaron a la sedimentación clásticos de granos muy gruesos mientras que desde el Sur el aporte principal fue de arenas; en la zona central se desarrollaron grandes ciénagas (González de Juana, 1946, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

Los sedimentos de la Formación representan depósitos torrenciales y aluviales contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior (Coplanarh, 1974, en PDVSA Intevep S.A., 1997).

La presencia de minerales estables circón, turmalina y metaestables cianita, estauroлита, andalucita y leucoceno–, sugieren que las fuentes generadoras de sedimentos de la Formación Mesa se localizaron en la Serranía del Interior y en las rocas metamórficas del Escudo de Guayana, respectivamente. Sin embargo, la presencia de otras evidencias permite valorar la hipótesis de que, al menos al Sur del estado Anzoátegui, los depósitos de la Formación Mesa provienen del Escudo de

Guayana, a través de una fuente asociada a un Paleorinoco (García, 1981 en Flores N. y Calzadilla N., 2004).

2.3.2.3 Sedimentos Recientes

Están conformados por materiales provenientes del intemperismo y erosión de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales son arrastrados y depositados por las aguas de escorrentía y el viento hacia los diferentes ríos de la región (Betancourt, 1998, en, Flores N. y Calzadilla N., 2004).

- **Granulometría:** generalmente los sedimentos Recientes están constituidos por materiales aluviales, de color amarillento a blanco, con una granulometría variable: cantos, peñones, gravas, arenas, limos, arcillas y otras partículas en suspensión coloides (Corporación Lobap C.A/Asesorías Geológicas y Mineras, 2001, en, Flores y Calzadilla, 2004; Silva y Alcalá, 2005; Betancourt y Guevara, 1998, en, Macabril G. y Serrano B., 2010).

- **Estructuras sedimentarias:** los sedimentos Recientes constituyen las planicies aluviales y las áreas de máxima inundación del río Orinoco y ríos contiguos. Los materiales depositados en el fondo de los ríos forman depósitos de cauce, cuya gradación está determinada por el caudal, mientras que los depositados en épocas de crecida originan barras de meandros y otros se encuentran dispuestos en forma de planicies dando origen a pequeñas terrazas –constituidas por sedimentos arenosos-limosos, acarreados por los ríos, principalmente en épocas de lluvia– (Corporación Lobap C.A/Asesorías Geológicas y Mineras, 2001, en, Flores y Calzadilla, 2004; Silva y Alcalá, 2005; Betancourt y Guevara, 1998, en, Macabril G. y Serrano B., 2010).

La existencia de estos elementos a lo largo del río depende, en gran medida, de la energía del ambiente de depositación, por lo que pudieran encontrarse extensas playas interdigitadas de arenas micáceas y arenas limolíticas con tendencia a arcillosas, con espesores variables entre 0,1 a 7,0 metros –estos materiales ocupan parte del fondo del canal y, en ocasiones, forman una franja paralela al curso del canal activo del río Orinoco– (González de Juana et al., 1980).

- Composición: la mineralogía de las arenas que conforman los sedimentos Recientes queda definida en un 70% de cuarzo, 26% de feldespatos, 3,5% de micas y otros minerales opacos y 0,5% de otros minerales accesorios (Betancourt y Guevara, 1998, en, Macabril G. y Serrano B., 2010).

- Características geotécnicas: físicamente estos materiales presentan peso específico de 2,67 g/cm³; módulo de firmeza de 2,4%; textura media; resistencia muy tenaz; dureza de 7,1; no son reactivos al cemento (0%) y los granos son angulares (Betancourt y Guevara, 1998, en, Macabril G. y Serrano B., 2010; Figura 2.20).

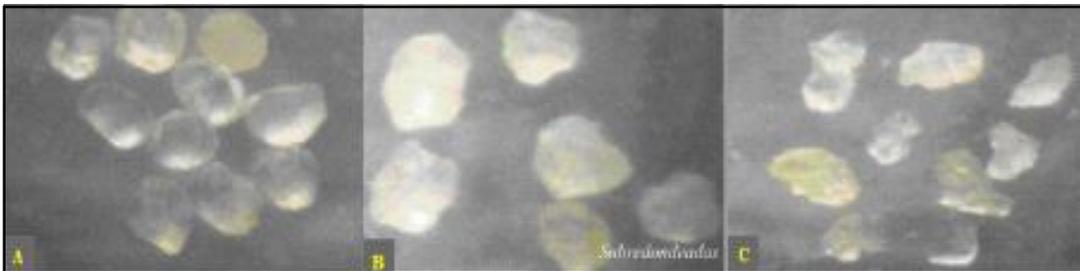


Figura 2.20 Análisis morfoscópico de las partículas correspondientes a los sedimentos Recientes (Macabril G. y Serrano B., 2010).

- Contactos: aunque los sedimentos o aluviones recientes se disponen en menor proporción, donde éstos se presentan cubren en posición discordante a las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa (Macabril G. y Serrano B., 2010).

- Edad: estos materiales, del Cuaternario, se han estado depositando desde el Holoceno –Reciente– hasta el presente (Corporación Lobap C.A/Asesorías Geológicas y Mineras, 2001, en, Flores N. y Calzadilla N., 2004).

2.3.3 Geomorfología

La quebrada Casanova y el río Marhuanta ocupan una parte considerable del sistema de drenaje natural de Ciudad Bolívar. Sus cabeceras se localizan al Sureste de la ciudad y escurren disectando la parte oriental de la Mesa de Angostura.

Teniendo en cuenta que, aunque la pendiente general de la Mesa de Angostura es bastante suave presenta una erosión muy activa, debido a la poca o mala consistencia de los materiales que la conforman –típicos de tierras malas o badlands– (Ministerio de Obras Públicas, MOP, 1971).

En general, estos ríos nacen en pequeños manantiales que emergen al pie de los escarpes de 10-20 m de altura, originados por la erosión regresiva que crea el desbalance del equilibrio estático entre la mesa de agua y los sedimentos suprayacentes. Es decir, las fluctuaciones periódicas del nivel freático en estos suelos arenosos favorecen la erosión, al inestabilizarse la base de los taludes (Ministerio de Obras Públicas, MOP, 1971).

La activación de este proceso erosivo desarrolla cañones pequeños que generan amplios valles encajonados por los cuales se encauzan los ríos, desde su nacimiento hasta la zona baja deltaica cuando desembocan en el río Orinoco.

Por otra parte, el desarrollo de estos valles hace que las cuencas se expandan en las partes altas donde la erosión es más activa y se estrechen gradualmente aguas

abajo, favorecido por la naturaleza arenosa de los suelos; dentro de los valles los cauces tienden a meandrar. Teniendo en cuenta que dentro de estas cuencas se pueden distinguir tres zonas o partes: la cuenca alta, la cuenca media y la cuenca baja (Ministerio de Obras Públicas, MOP, 1971; Figura 2.21).

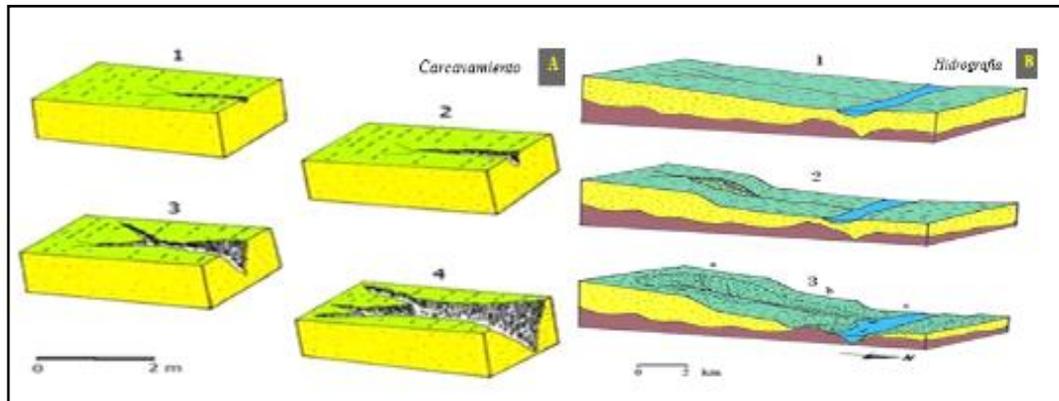


Figura 2.21 Evolución geomorfológica de las cuencas hidrográficas que drenan Ciudad Bolívar y sus alrededores (Adaptada de Santiago, 2008, en, Macabril G. y Serrano B., 2010).

En la parte alta se distingue un paisaje de planicie elevada bien drenada y disectada por un cauce profundo, a una cota aproximada de entre 130-1400 msnmm. Esta disección ha conformado un relieve tabular, limitado por escarpes menores a los 20 m, formando profundos barrancos, zanjones, cañones, conocidos localmente como cárcavas o farallones (Jiménez B., 2012).

El carcavamiento o abarrancamiento, consecuencia de la erosión remontante provocada por el retroceso de cabecera del río, se ha incrementado aceleradamente debido al avance de los urbanismos no planificados –construcción de viviendas en el borde de la planicie, lechos de las cárcavas y en las planicies de inundación–, y por el incremento de los desechos sólidos en las zonas de cárcavas, la descarga de aguas servidas, la quema de la vegetación, entre otros (Jiménez B., 2012).

Los sedimentos en esta parte alta están poco a nada consolidados y conformados por arenas, limos y arcillas con intercalaciones de gravas y arcilla de color rojizo debido al material ferruginoso presente en la superficie, que en ocasiones forma una costra ferruginosa debido a fluctuaciones en el nivel freático (Jiménez B., 2012).

La parte baja de la cuenca corresponde a una planicie aluvional de cauce poco profundo, con escarpes de alturas menores que no superan los 2 m, dispuesta a ambos márgenes del río, formadas por la acumulación de sedimentos Recientes procedentes de la erosión de las zonas alta y media y cuyos suelos exhiben un mayor contenido de limo con baja permeabilidad que favorece la retención del agua superficial (Jiménez B., 2012).

2.3.4 Hidrografía

El lineamiento estructural se ubica sobre la divisoria de aguas de la quebrada Casanova y del río Marhuanta (Jiménez B., 2012).

2.3.4.1 Quebrada Casanova

Es un arroyo que está ubicado en ciudad Bolívar estado Bolívar y su elevación estimada del terreno sobre el nivel del mar es de 4 metros. Sus poblados más cercanos son: Maipure, Marhuanta y carioca. Esta quebrada limita naturalmente con la quebrada manacal, río Marhuanta y río Matuanta. (Geoview, 2014).

2.3.4.2 Río Marhuanta

Fisiográficamente, la cuenca hidrográfica del río Marhuanta nace a una altura aproximada de 140 msnmm, ocupa un área cercana a los 351 km², la longitud de su cauce principal supera los 40 km y la pendiente media de la cuenca es de aproximadamente 4,5 m/km (Grinet J. y Rodil D., 2004; Echeverría y Velásquez, 2007; Castro R. y Bruces L., 2008).

Esta cuenca limita naturalmente al Norte con el río Orinoco, al Sur con el río Santa Isabel, al Oeste con la cuenca del río Orocopiche, al Este con la cuenca del río Candelaria y al Noroeste con Ciudad Bolívar (Echeverría M. y Velásquez C., 2007).

El patrón de drenaje de este río es de tipo dendrítico subparalelo y lenguado, formado por pequeñas quebradas intermitentes canales cortos que aportan gran cantidad de agua al cauce principal durante los meses de fuertes precipitaciones de junio a agosto (Castro R. y Bruces L., 2008).

La escorrentía recolectada por el río, a través de innumerables canales que drenan áreas de topografía quebrada y muy sensible a la erosión por agua, se presenta en la modalidad de laminar, concentrada y por cárcava (Minfra, 2000, en, Jiménez B., 2012).

Por otra parte, el cauce está bien entallado en las cuencas alta, media y baja; con capacidad suficiente para drenar apreciables volúmenes de carga. Sin embargo, en la cuenca baja, donde el río pierde competencia, es de esperar desbordamientos debido a cambios en la sección transversal, al proceso de sedimentación en el canal, a las intervenciones en el lecho ordinario y a la presencia de procesos de origen antropogénicos (Jiménez B., 2012).

Hidrológicamente, el tramo está influenciado tanto por los escurrimientos de las cuencas media y alta naturales y urbanos como por las fluctuaciones en el nivel del río Orinoco esto convierte a la zona con mayor potencial para riesgo de inundación, tanto por desbordamiento de sus márgenes como por los represamientos o remansos que produce el río Orinoco en su planicie inundable (Minfra, 2000, en, Jiménez B., 2012).

2.3.5 Pedología

En el área estudiada existe una gran variedad de unidades taxonómicas que permiten dar una explicación clara y precisa de los tipos de suelos existentes en la ciudad, entre los cuales se pueden nombrar según la clasificación de la U.S. Soil Taxonomy los suelos de débil o moderada evolución: alfisoles, entisoles, inceptisoles; y los suelos de avanzada evolución: ultisoles (Ochoa, 1983, en, Jiménez B., 2012).

Los suelos ultisoles representan el orden de mayor extensión en el área de estudio. Se distribuyen en una amplia gama de paisajes (lomeríos, peniplanicies, planicies). Se desarrollan a partir de rocas pertenecientes a la Provincia de Imataca y de materiales depositacionales de edad reciente o antiguas formación Mesa. Son suelos superficiales a muy profundos, de 25-180 cm, que muestran un cuadro de características fisicoquímicas y morfológicas que cambian de acuerdo a su distribución geográfica y posición en el paisaje (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

Presentan un horizonte A, de espesor variable, comprendidos entre 15-50 cm, de colores marrón muy oscuros, marrón rojizo oscuro, rojo y marrón amarillento claro; las texturas más comunes son arenosa franca, franco arcilloso, franco arcillo arenosa y arcillosa; eventualmente ocurren estratos asociados con proporciones variables de fragmentos gruesos, entre 5-60%, en particular con gravas, guijarros de cuarzo y nódulos de hierro (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

Los horizontes transicionales del tipo AB, tienen una profundidad de ocurrencia que oscila entre 5-50 cm; de colores comúnmente marrón rojizo, marrón oscuro, marrón amarillento; con texturas normalmente franco arcillosa, franco arcillo-arenosa, mezcladas eventualmente con proporciones variable de entre 5-10% de fragmentos de gravas de cuarzo y nódulos de hierro (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

El horizonte A o AB, descansa sobre un horizonte B argílico o cándico, de espesores variables entre 15-145 cm, con colores en húmedo muy diversos, siendo los más comunes amarillo marronzco, amarillo, gris, rojo y marrón rojizo; las texturas dominantes son arcillosa, franco arcillosa, y arcillo arenosa localmente mezcladas, con proporciones variables entre 5-60% de gravas de cuarzo y nódulos de hierro; dichos suelos, presentan un avanzado estado de desarrollo pedogenético, resultado intensos procesos de intemperismo durante largos períodos de tiempo actuando sobre superficies geomorfológicas de relativo alto grado de estabilidad y condiciones climáticas, altas precipitaciones y temperatura, lo que ha condicionado la ocurrencia de horizontes argílicos muy espesos y con fuerte lixiviación (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

2.4 Características del medio biológico

2.4.1 Flora

La vegetación está marcada por la alternancia de un período seco y otro lluvioso, lo cual determina la presencia de formaciones vegetales con un carácter deciduo a semideciduo de acuerdo a la duración del período seco local, que se evidencia marcadamente durante los meses de enero a abril (Jiménez B., 2012).

En este sentido, en el área de estudio se distinguen tres formaciones vegetales predominantes que, en orden de predominancia, son: a) la sabana gramínea arbustiva, b) los matorrales y c) los bosques de galería (Magdaleno, 2001; Ferla y Martínez, 2007; Jiménez B., 2012) (Figura 2.22).



Figura 2.22 Vegetación característica del área de estudio. A) Sabana gramínea arbustiva y matorrales B) Bosques de galería.

2.4.1.1 Sabana gramínea arbustiva

Se caracteriza por una vegetación herbácea muy escasa, con cobertura gramínea de porte bajo, más o menos continua, perenne, de cobertura variable, con altura entre 20-60 cm, en paisaje de peniplanicie y entre cuyas especies más abundantes se encuentran –como respuesta a las condiciones edáficas– las siguientes: la paja peluda (*Trachypogon plumosus* y *Trachypogon vestitus*), el gamelotillo (*Paspalum plicatulum* Michx) –llegando a cubrir entre las dos anteriores entre el 60-70% de la superficie del suelo–, la escobilla (*Scoparia dulcis*), la dormidera (*Mimosa dormiens*), el cadillo (*Cenchrus echinatus*) (Magdaleno, 2001; Ferla C. y Martínez E., 2007).

Acompañando este estrato herbáceo es frecuente observar la presencia de plantas leñosas y frutales, como individuos aislados, de pequeño porte, arbustos y árboles de entre 2-5 m de altura, en estrato denso, intercalados con la sabana gramínea arbustiva y entre cuyos principales representantes están: el chaparro

(*Curatella americana*), el mandingo (*Roupala montana*), el manteco (*Byrsonima crassifolia*), el merey (*Byrsonima coccolobifolia*), la guayaba sabanera (*Psidium araca*), el chaparrillo (*Palicourea rigida*), el alcornoque (*Bowdichia virgiloides*) (Ferla C. y Martínez E., 2007).

2.4.1.2 Matorrales

La vegetación leñosa y frutal es la más abundante, aunque en proporción menor, con cobertura densa, individuos arbóreos emergentes con altura de entre 3-10 m y especies representativas como: la acacia, el punteral (*Randia spinosa*), el merey (*Anacardium occidentale*), el mango (*Mangifera indica*), el coco (*Coco nuciferas*), la lechosa (*Carica papaya*), el caruto (*Genipa americana*), el aceite (*Copaifera officinales*), entre otras (Ferla C. y Martínez E., 2007 en Jiménez B., 2012).

2.4.1.3 Bosques de galerías

La vegetación característica de este estrato se observa a lo largo de las riberas o márgenes de los ríos Casanova y Marhuanta –en zonas húmedas y áreas de influencia freática–, como una vegetación siempre verde, de bosques semidensos, con arborescencia de tipo selvático, altura menor a los 5 m y especies más representativas como: la tortolita (*Casearia*), el amapolo (*Tanthus articula*), el araguaney (*Tabebebuia crysantha*), el yopo (*Piptadenia*), el pardillo (*Cordia bicolor*), el bambú en las nacientes–; existen áreas que han sido intensamente deforestadas para establecer asentamientos suburbanos (Magdaleno O., 2001; Ferla C. y Martínez E., 2007).

El área estudiada tiene una pobre cobertura vegetal en las zonas despobladas y suburbanas, con predominio de vegetación de tipo sabana paja saeta, chaparro, merey mientras que en las áreas urbanas domina la vegetación tipo doméstica caracterizada

por árboles frutales y plantas ornamentales (Ministerio de Obras Públicas, MOP, 1971).

Cabe señalar que una buena parte de la superficie de la cuenca de los ríos Casanova y Marhuanta está ocupada por áreas urbanas y suburbanas y el restante por sabanas y valles aluviales. La presencia de canales naturales y artificiales de desagüe; calles engrazonadas, asfaltadas o pavimentadas; edificaciones y sistemas de aguas potable y servidas; han modificado sustancialmente la relación lluvia-escorrentía en la zona de estudio –en otras palabras, la cuenca está influenciada por las características de drenaje urbano y suburbano (Ministerio de Obras Públicas, MOP, 1971).

2.4.2 Fauna

La fauna silvestre es relevantemente escasa y poco variada debido, quizá, a que hayan emigrado como mecanismo defensivo –debido a las diferentes formas de presión antrópica– (Jiménez B., 2012).

Entre las especies que se observan se encuentran: el rabipelado (*Didelphys marsupiales*), la iguana (Iguana), el tuqueque (*Thecadactylus*), el mato real (*Ameiva*), el loro (*Philodryas carbonell*), la lagartija (*Anolis crissalepis*), la culebra ratonera (*Chelia chelia*), el sapo (*Bufo marinus*), el sapito (*Leptodactylus rugosus*), el gavián colorado (*Bosarellus nigricolis*), la paloma sabanera (*Zenaida auriculata*), el carpintero oliváceo (*Veniliornis passerinus*), el perico (*Aratinga pertinax*). En cuanto a la fauna doméstica predominan: el perro (*Canis lupus familiaris*), el gato (*Felis silvestris catus*) y diversas aves multicolores (Jiménez B., 2012).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Yáñez G. (1971), elaboró un “Mapa geomorfológico entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana (Escala 1:50.000)” en el que destaca los rasgos geológicos y geomorfológicos del área cubierta por la hoja. Entre los aspectos geológicos cercanos al área estudiada resalta los afloramientos de cuarcitas ferruginosas en finas capas dispuestas en posición discordantes con gneises graníticos. Entre los aspectos geomorfológicos, destaca la presencia de filas de cuarcitas ferruginosas, de poca elevación, perfectamente cartografiables y que se desintegran en bloques prismáticos –no mayores de 1 km– por diaclasamiento; algunos valles encajonados, transversales, rápidos; y vegetación gramínea. Sin embargo, en dicho mapa no se aprecia el rasgo estructural lineal que se estudia en el presente trabajo de investigación. En cambio, destaca la presencia de una cantera cerca del área estudiada, hacia el Oeste, cubierto por una capa de sedimentos Recientes.

Sambrano J. (1974), en su Trabajo de Grado intitulado “Estudio petrográfico de las migmatitas de Ciudad Bolívar y sus alrededores (Candelaria, Marhuanta y Punta Chacón)” recolectó muestras de roca de una amplia zona situada entre Ciudad Bolívar, Puerto Ordaz y Ciudad Piar con la finalidad de aclarar si los afloramientos encontrados pertenecen a cuerpos granitizados o intrusionados. Construyó, a partir del análisis de las muestras recopiladas, campos neosomáticos y paleosomáticos que interpretó, de forma muy subordinada, según su modo mineralógico y las proposiciones realizadas por K.R. Mehnert (1968) en “Migmatites and the Origin of Granitic Rock. Así, estableció la mineralogía de los leucosomas y paleosomas y correlacionó los datos con los especímenes de campo. Donde concluyó que la faja

estudiada está compuesta por un “tabloide” metamórfico granitizado, con tramos que exhiben facies de la migmatita y cuerpos intrusivos (Sambrano J., 1974).

Cabrera A. y Silva W., (1995), en su Trabajo de Grado intitulado “Geología de la cuenca del río Marhuanta, Ciudad Bolívar, estado Bolívar” delimitaron las unidades estratigráficas observadas en la cuenca del río Marhuanta., además comprobaron la presencia de gneises, anfibolitas piroxénicas y cuarcitas ferruginosas, típicas del Complejo de Imataca; arenas rojizas con costras ferruginosas de la Formación Mesa y material areno-limoso característico de los sedimentos Recientes. Por último, los análisis petrográficos realizados en la zona resaltan la presencia de minerales indicadores de metamorfismo en las rocas del Complejo de Imataca, con facies de la granulita y sus respectivas subfacies de la granulita piroxénica y granulita hornabléndica (Eskola, 1939, en, Cabrera A: y Silva W., op. cit.).

Herrera J. y Guevara H., (2005), en su Trabajo de Grado intitulado “Estudio de factibilidad geológico-geomorfológico del río Marhuanta para el aprovechamiento de los depósitos de arena de mina del Fundo Los Mejías, sector Boca de Marhuanta, municipio Heres del estado Bolívar” realizaron reconocimientos detallados del área y muestreo de rocas y sedimentos. A partir del análisis macro- y microscópico de muestras de rocas y del análisis granulométricos y químicos de sedimentos, reconocieron tres unidades litoestratigráficas: el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los sedimentos Recientes, y la unidad de suelos. Teniendo en cuenta que, el Complejo de Imataca aflora, cerca del Fundo Los Mejías, como gneises graníticos, migmatitas y anfibolita. Además, la Formación Mesa, cubre toda el área con sedimentos no-consolidados de gravas, arenas, limos, arcillas y facies mixtas –arenas limosas y arcillosas– claramente observables en los frentes de avance de cárcavas y en las zonas de extracción minera de la parte norte. Los sedimentos Recientes, se extiende a lo largo de todo el río Marhuanta formando aluviones sobre la llanura de inundación. Los suelos, se desarrollan por meteorización de los afloramientos

circundantes formando unidades poco profundas entisoles de sedimentos arenos-arcillosos, de color gris claro a oscuro. Donde por ultimo reconocieron tres elementos antropogénicos contaminantes dentro de la cuenca del río Marhuanta: a) las actividades agrícolas, que vierten las aguas servidas de la cría de animales –aves, cerdos–, directamente al río a través de canalizaciones especiales; b) las actividades mineras de extracción de arena lavada y de mina, que afectan el régimen hidrológico del río y aceleran los fenómenos erosivos cárcavamiento sobre la cuenca; c) el mal uso de la tierra, a través de la tala y la quema indiscriminada –que acelera los procesos de desertización–, la construcción de pozos sépticos sin medidas sanitarias específicas, entre otros.

Echeverría M. y Velásquez C., (2007), en su Trabajo de Grado intitulado “Caracterización geológico ambiental del río Marhuanta, en época de sequía-lluvia año 2004. Municipio Heres. Ciudad Bolívar, estado Bolívar” realizaron amplios reconocimientos dentro de la cuenca acompañados de muestreo de aguas, sedimentos y rocas. Teniendo en cuenta que reconocieron las mismas unidades litoestratigráficas identificadas en trabajos anteriores. Además, Identificaron afloramientos típicos del Complejo de Imataca, caracterizados por gneises cuarzo-feldespáticos-biotíticos, de grano medio, color rosado, en ocasiones bandeados o atravesados por diques cuarzo-feldespáticos pegmatíticos en dirección de la foliación. Cabe resaltar que registraron patrones estructurales de diaclasamiento en rocas de Imataca con rumbos: N 43° O | N 3° E | S 50° E | S 28° O | N 27° O | N 16° E, que en ocasiones controlan localmente la dirección de flujo de las aguas donde geomorfológicamente, en el área predomina un relieve de sabana, con paisajes de lomeríos inferiores a 150 m de elevación; estructuras rocosas con formas dómicas y peniplanicies.

Castro R. y Bruces L. (2008), en su Trabajo de Grado intitulado “Análisis de las características geológico-ambiental de los ríos Marhuanta y Candelaria en las épocas de lluvia y sequía durante los años 2.003-2.006. Ciudad Bolívar-Municipio

Autónomo Heres-Estado Bolívar” estimaron que las rocas del Complejo de Imataca cubren cerca del 10% del área, los sedimentos Recientes un 20% y la Formación Mesa abarca casi el 70% del sector. Teniendo en cuenta que registraron tendencias estructurales sobre rocas del Complejo de Imataca en dirección de los rumbos siguientes: N 43° W | N 33° E | N 28° E | N 27° W.

3.2 Bases teóricas de la investigación

3.2.1 Caracterización geológica

La caracterización geológica es un proceso de amplia base científica en la cual se aplican diversos conocimientos de ingeniería mineralogía, petrología, topografía, sensoramiento remoto, geomorfología, geología estructural, entre otras (Mukherjee S., 2019).

3.2.2 Fotomosaico

En el campo de las imágenes y la fotografía, un fotomosaico es una imagen, generalmente una fotografía, que se ha sido dividida en secciones rectangulares, habitualmente del mismo tamaño, de la misma manera como se compone un mosaico tradicional; con la característica de que cada elemento del mosaico es reemplazado por otra fotografía con colores promedios apropiados al elemento de la imagen original (Servidor Alicante, 2019).

Cuando es vista en detalle, los píxeles individuales se ven como la imagen principal; sin embargo, al verla como un todo, es posible apreciar que la imagen está compuesta por cientos de miles de imágenes. Los fotomosaicos son un tipo de montaje típicamente realizados con programas computacionales (Servidor Alicante, 2019).

3.2.3 Relieve positivo

El relieve son las irregularidades y desniveles que se forman en la corteza terrestre continental y oceánica debido a los procesos geológicos que constantemente ocurren en la Tierra. Los relieves son el objeto de estudio de la geomorfología (Hobbs B. y Ord A., 2014).

3.2.4 Lineamiento

Flores, N., y Calzadilla, N. (2004) afirma que, un lineamiento constituye una flexión o rasgo físico cartografiable en la superficie terrestre; de forma lineal, rectilínea o suavemente curvilínea (O’Leary et al., 1976); que puede ser simple o compuesto en función de la expresión de su complejidad en el terreno.

Por tanto, los lineamientos constituyen “discontinuidades estructurales naturales” de la superficie del terreno y por lo general reflejan fenómenos estructurales de subsuelo (Ohara T. y Flores B., 1998, en Flores, N., y Calzadilla, N., 2004).

Desde el punto de vista de Griem W. (2020), afirma que los lineamientos son líneas matemáticas vectores que marcan a dos direcciones; que resultan de la intersección de dos planos geológicos, eje de pliegue, dirección del flujo, entre otros.

Teniendo en cuenta McClay K. (1987), define un lineamiento como una fábrica lineal de roca que resulta: a) de la intersección de dos rasgos planares; b) del alineamiento de granos minerales, cristales o clastos dentro de la roca; c) de fábricas de formas lineales de granos y clastos; o d) del alineamiento paralelo de elementos tectónicos, tales como ejes de pliegues menores o crenulación u ondulaciones de estriaciones.

En este trabajo de investigación se abordan las lineaciones tectónicas.

Las lineaciones incluyen: a) intersecciones de estratificación/clivaje, b) lineaciones de crenulación, c) ejes de pliegues menores, d) lineaciones de alargamientos minerales, e) estrías (slickensides, en inglés), f) ondulaciones (grooving, en inglés) sobre planos de falla o fractura, y g) ejes de budines (boudin, en inglés) (McClay K., 1987).

Las rocas con una fábrica planar penetrativa se llaman tectonitas L (McClay K., op. cit.).

En fisiografía, un lineamiento o alineación es una Figura lineal a gran escala que en términos topográficos representa una expresión de los rasgos estructurales subyacentes (Servidor Alicante, 2019).

Estas figuras pueden comprender: a) valles controlados por fallas o diaclasas; b) frentes de cadenas montañosas; c) montañas aisladas o cadenas de colinas y crestas estrechas; d) líneas de colinas aisladas; e) líneas de costa recta, modernas y antiguas (Servidor Alicante, 2019).

Las figuras estructurales asociadas con lineamientos comprenden zonas de falla, zonas de fractura, ejes de pliegue, intrusiones ígneas, líneas de volcanes o fisuras de erupción volcánica (Servidor Alicante, 2019).

Los lineamientos se localizan por medio de un estudio detallado de mapas (tanto geológicos como topográficos) y fotografías aéreas (fotogeología). Aquí, el término “lineal”, empleado como un sustantivo, no se recomienda como sinónimo (Servidor Alicante, 2019).

Un megalineamiento es un lineamiento muy grande, desarrollado en una escala global (por ejemplo, las dorsales oceánicas, los valle tipo rift, los arcos insulares y las principales cadenas montañosas) (Servidor Alicante, 2019).

En la práctica es muy importante reconocer las lineaciones (Griem W., 2020); dado que resultan fundamentales para el esclarecimiento de la historia tectónica regional la correlación de estas principales tendencias estructurales (Servidor Alicante, op. cit.).

Las lineaciones son comúnmente usadas en áreas complejamente deformadas para definir subáreas de homogeneidad estructural por otra parte la reorientación de estructuras lineales anteriores puede ser una indicación importante de deformación posterior (McClay K., 1987).

Algunas veces se pueden tomar los datos tectónicos de una lineación directamente con la brújula; o por el conocimiento de dos planos se puede calcular la orientación con ayuda de la falsilla de Schmidt (Griem W., 2020 | Figura 3.1).

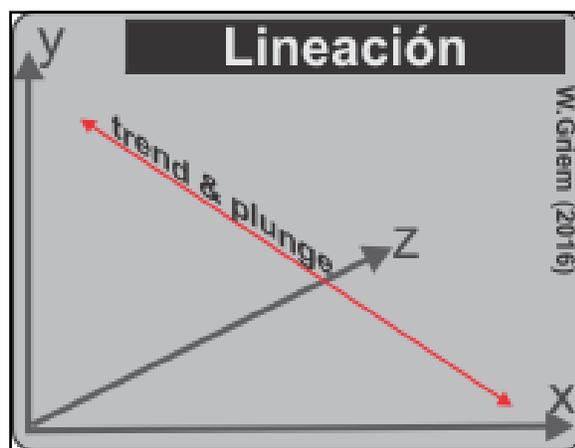


Figura 3.1 Parámetros para la medición de un lineamiento geológico-estructural (Griem W., 2020).

Griem W. (op. cit.), afirma que para describir una lineación se usa la “dirección de inclinación”, conocida como trend y el manteo/buzamiento, que en lineaciones se conoce como plunge. Además, sugiere que para no equivocarse entre plano-lineación es recomendable utilizar una letra "L" adelante o atrás de la actitud de la roca medida (por ejemplo, L=254/52 ó 254/52L [estría]).

En la Figura 3.2 muestra cómo se grafican los ángulos de un plano y de las lineaciones que éste contiene. Del ejemplo mostrado se desprende la siguiente combinación de ángulos relevantes: a) Norte a línea del rumbo: rumbo; b) Norte a lineación: trend; c) rumbo del plano a lineación: rake; d) lineación a plano horizontal: rake.

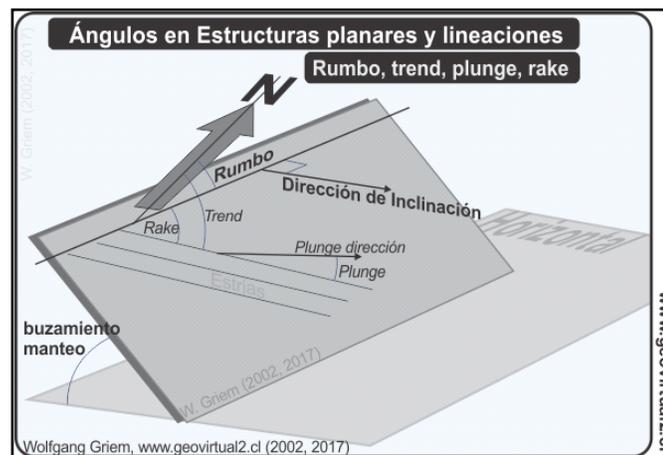


Figura 3.2 Medición de ángulos en estructuras planares y lineaciones (Griem W., 2020).

3.2.4.1 Tipos de lineaciones

- Estrías: representan marcas del movimiento tectónico. La dirección de la estría coincide con la dirección del movimiento. Generalmente, las estrías se miden directamente con la brújula (Griem W., 2020 | Figura 3.3a).

- Eje de un pliegue: en pliegues con eje horizontal, el eje se ubica perpendicular a la dirección de inclinación. El eje sirve bastante para describir un pliegue con solamente dos números. En pliegues pequeños, el eje se puede medir directamente con ayuda de un lápiz; en pliegues más grandes, se usa la red de Schmidt (Griem W., 2020 | Figura 3.3b).

- Intersección de planos: si dos planos se interceptan forman una línea de intersección; es decir, una lineación. Generalmente es difícil medir la intersección directamente en terreno; lo mejor es una proyección de ambos planos en la red de Schmidt (Griem W., 2020 | Figura 3.3c).

Las intersecciones entre planos iguales –por ejemplo, falla/falla– se llama eje-beta; mientras que las intersecciones entre diferentes foliaciones –por ejemplo, estratificación/esquistosidad se llama eje-delta. Los ejes-delta de intersecciones entre estratos y esquistosidad marcan generalmente el eje del pliegue (Griem W., op. cit.).

- Orientación de minerales: la orientación de minerales también forma una lineación. Esto se puede observar durante la sedimentación en el ambiente fluvial orientación sedimentaria– o a causa de una deformación tectónica de la roca (Griem W., 2020 | Figura 3.3d).

- Otros tipos de lineaciones: son ejemplo de lineaciones artificiales las siguientes estructuras: a) un túnel, b) una perforación, c) un anclaje. Esto se debe a que tienen un carácter de lineación, por lo que se puede usar la misma nomenclatura; es decir, la misma forma de notación (Griem W., 2020 | Figura 3.3e).

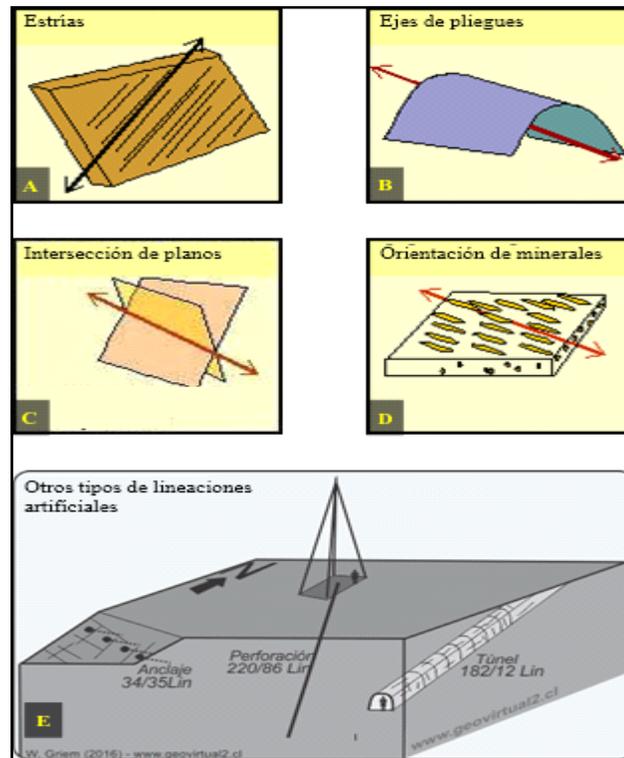


Figura 3.3 Tipos de lineaciones (Griem W., 2020).

3.2.4.2 Medición del trend y plunge de elementos lineales

En ocasiones es posible y muy recomendable medir lineaciones directamente en el terreno. El principio es igual al de medir un plano, con la diferencia que una lineación siempre tiene un trend una dirección de inclinación y un plunge (un buzamiento o manto conocido como inmersión).

La dirección de la inclinación (trend) varía entre $0-360^\circ$ en el sistema azimutal. El manto plunge es un número que oscila entre $0-90^\circ$. Debido a esto, de acuerdo con Griem W., (2020), el concepto del “círculo completo” se puede aplicar en planos y lineaciones. Solo es muy recomendable marcar los datos de lineaciones con una letra "L": por ejemplo, $15^\circ/65^\circ$ L ó $L15^\circ/65^\circ$ para tener claro que el valor representa una lineación. También hay que tomar el valor del plano donde se ubica la lineación

encima: por ejemplo, notación azimutal en círculo completo Estrías: $217^{\circ}/34^{\circ}L$ del plano $148^{\circ}/74^{\circ}$ o bien Estrías: $S\ 37^{\circ}\ W\ | 34^{\circ}\ SW$ (Lineación) del plano $N\ 58^{\circ}\ E\ | 74^{\circ}\ SE$.

Según Griem (op. cit.), en realidad es mucho más fácil tomar el valor azimutal usando la notación “circulo completo” y trabajar con el valor azimutal. Esta notación también funciona bastante bien con la brújula “Brunton azimutal”.

3.2.4.3 Lineaciones asociadas con plegamiento

De acuerdo con McClay K., (1987) se pueden formar los siguientes lineamientos:

- Intersección de estratificación-clivaje: la forma más distintiva de estructura lineal en áreas simplemente plegadas es la intersección L_1 de estratificación, S_0 /clivaje, S_1 (McClay K., op. cit. | Figura 3.4).

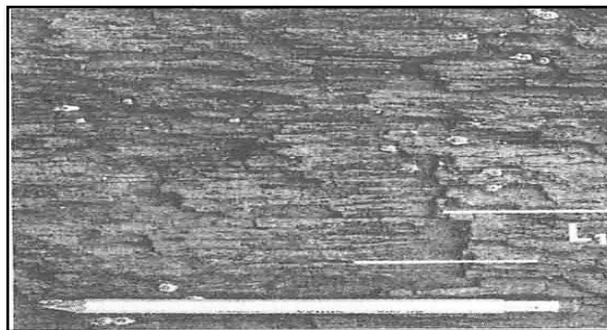


Figura 3.4 Intersección L_1 de estratificación/clivaje observada sobre el plano de estratificación de una lodolita deformada (McClay K., 1987, p. 75).

La Figura 3.5 ilustra esta geometría básica. La intersección de superficies de estratificación y clivaje es paralela o aproximadamente paralela con el eje del pliegue b_1 (Figura 3.5a). Esta alineación se puede medir directamente sobre el afloramiento o determinar sobre una red estereográfica a partir de las medidas de estratificación y clivaje (McClay K., op. cit. | Figura 3.5b).

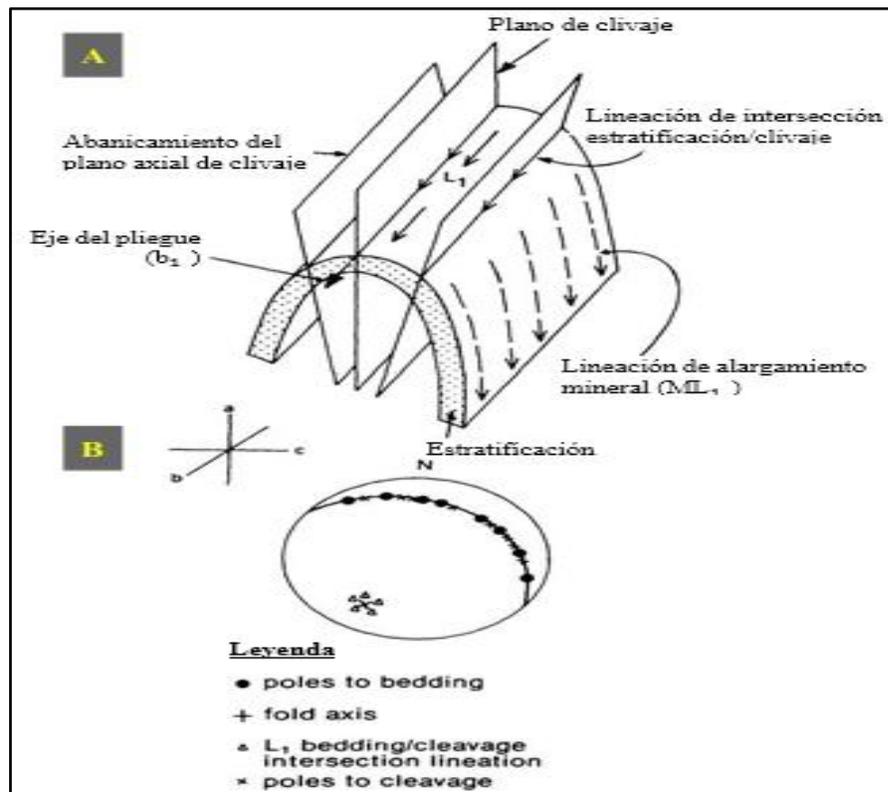


Figura 3.5 Capa plegada S_0 con un clivaje planar axial S_1 abanicado, mostrando el desarrollo de la lineación de intersección estratificación/clivaje L_1 paralela al eje o línea de charnela del pliegue. Una lineación por alargamiento mineral ML_1 se desarrolla sobre los limbos y a 90° del eje de pliegue. La proyección estereográfica muestra el ploteo de los polos a la estratificación (círculos llenos), las intersecciones de estratificación/clivaje L_1 (triángulos) y los polos a los planos de clivaje abanicado (pequeñas cruces). El eje del pliegue se define por el polo al círculo mayor de la estratificación (McClay K., 1987, p. 75).

Para que se desarrolle un clivaje de crenulación se requiere una foliación pre-existente ésta puede ser una fábrica de estratificación, un clivaje pizarroso o una esquistosidad anterior (McClay K., op. cit. | Figura 3.6).

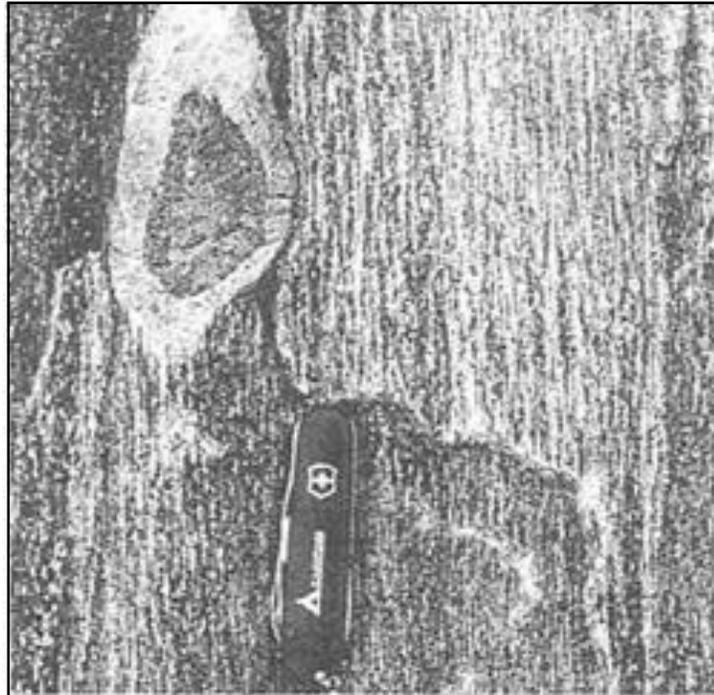


Figura 3.6 Lineación de crenulación formada sobre la superficie esquistosa –superficie S_1 , de un esquisto psamítico crenulado (McClay K., 1987, p. 75).

Generalmente, la presencia de una alineación de crenulación sobre un clivaje pizarroso es un buen indicio de una segunda deformación. En algunas situaciones un clivaje de crenulación también puede resultar de una deformación progresiva durante una deformación única (McClay K., op. cit.).

Para deformaciones de segunda fase, se pueden analizar las lineaciones L_2 de la intersección clivaje de crenulación, S_2 /clivaje pizarroso, S_1 de manera similar a las intersecciones de estratificación/clivaje (McClay K., op. cit. | Figura 3.7).

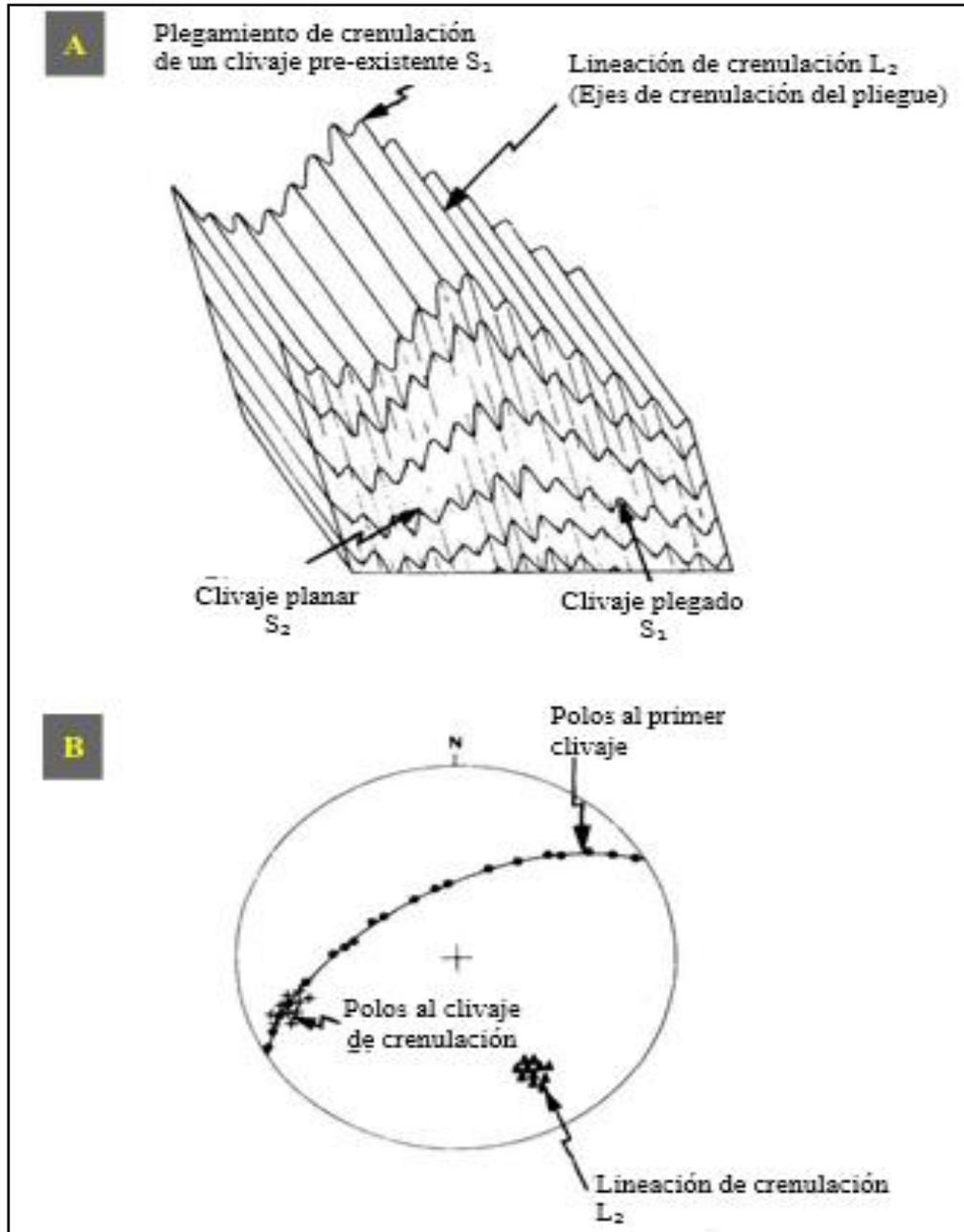


Figura 3.7 Plegamiento de crenulación de un clivaje S_1 , mostrando el desarrollo de un clivaje de crenulación S_2 y de una lineación L_2 de intersección, S_2 sobre S_1 . La proyección estereográfica muestra los polos al primer clivaje S_1 (círculos llenos), los polos al segundo clivaje S_2 (cruces) y la lineación de crenulación L_2 (triángulos). El eje del pliegue mayor F_2 queda definido por el polo al círculo mayor del clivaje S_1 (McClay K., 1987, p. 76).

• Lineaciones de clivaje tipo lápiz: en algunas rocas –a menudo lodolitas y limolitas– existe una fuerte fábrica en el plano de estratificación S_0 que, al ser plegadas y cortadas por un clivaje pizarroso causa que la roca se rompa en tiras como lápices. Esto se conoce como una alineación de clivaje tipo lápiz y se deberá medir y analizar en la misma manera que una intersección normal de estratificación/clivaje (McClay K., op. cit. | Figura 3.8).



Figura 3.8 Lineación de clivaje tipo lápiz en una limolita dolomítica producto de la intersección de una fuerte fábrica paralela al plano de estratificación con un fuerte clivaje tectónico (McClay K., 1987, p. 76).

3.2.4.4 Alargamiento mineral y lineaciones de elongación

Según McClay K., (1987), se pueden formar los siguientes lineamientos estructurales:

- Lineaciones de alargamiento mineral: las lineaciones por estiramiento mineral ML_1 se forman por granos minerales elongados (Figura 3.9) y las lineaciones de elongación se forman por alineamiento de guijarros y fósiles deformados.

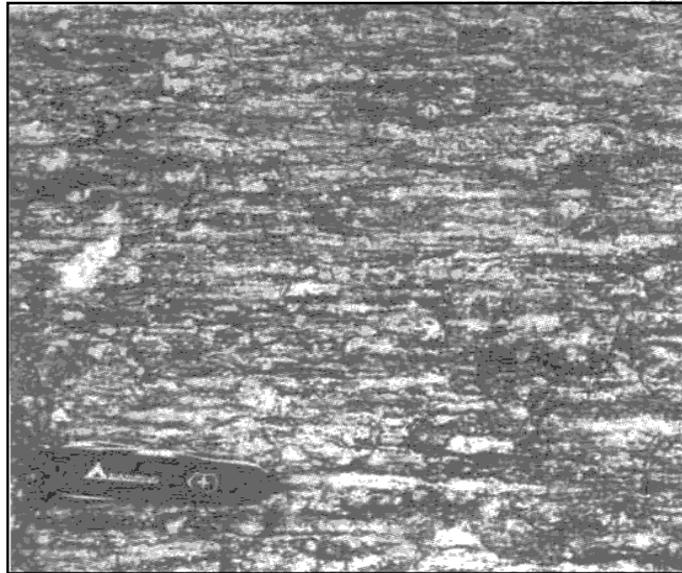


Figura 3.9 Lineación por alargamiento mineral ML_1 formada en un granito cizallado que muestra granos de cuarzo elongados y agregados feldespáticos (McClay K., 1987, p. 77).

- Lineaciones minerales asociadas con plegamiento de deslizamiento flexural: en pliegues de deslizamiento flexural, el deslizamiento interno de unas capas sobre otras produce lineaciones de estrías, ondulaciones y/o alargamiento de minerales; todos aproximadamente a 90° con el eje del pliegue.

Estas lineaciones indican la dirección y el sentido del deslizamiento entre las capas. Las lineaciones de estrías son comúnmente saltos o gradas fibrosas de acreción.

3.2.4.5 Cartografiado de estructuras lineales

Las estructuras lineales son extremadamente importantes en la cartografía geológico-estructural, debido a que se pueden usar para separar fases de deformación y para determinar la cinemática de la deformación (McClay K., 1987).

En terrenos deformados polifásicamente, la consistencia de orientaciones de lineaciones de intersecciones particulares es un factor clave en la subdivisión de un mapa en subáreas estructuralmente homogéneas (McClay K., op. cit.).

Las lineaciones/lineamientos se deben medir y registrar sistemáticamente mientras se mapea (McClay K., 1987).

Según McClay K., (1987), se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las orientaciones de estructuras lineales se miden como inmersiones planges, del inglés, o menos comúnmente como cabeceos pitches, del inglés. Se plotean como puntos en la proyección estereográfica.
- Las lineaciones de intersección, por ejemplo, $L_1 (S_1/S_0)$, paralelo a “b”– se deben distinguir de las lineaciones de alargamiento o elongamiento mineral –por ejemplo, ML generalmente paralelas a “a”.

Las Tablas 3.1 y 3.2 muestran los datos que se deben recolectar durante el cartografiado de las lineaciones.

Tabla 3.1 Datos a recolectar al observar lineaciones de intersección L_1 , L_2 , entre otras (McClay K., 1987, p. 81)

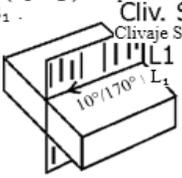
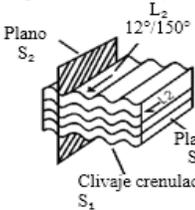
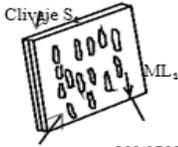
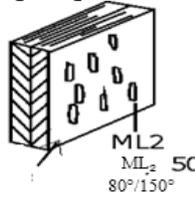
Estructura	¿Qué medir?	¿Qué observaciones registrar?	Resultados del análisis
<p>Lineamiento de intersección estratificación/clivaje L_1 (S_0/S_1) o superficies S_0 o S_1.</p>  <p>Clivaje S_1 Clivaje S_1 $10^\circ/170^\circ$ L_1 Estratificación S_1</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La inmersión de la lineación L_1 (nota: también se requieren datos de orientación S_0 y S_1). - El esfuerzo de objetos deformados paralelos a la lineación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La naturaleza de la lineación. - La orientación y naturaleza de la estratificación y del clivaje. - La naturaleza del esfuerzo. - El crecimiento de fibras paralelas a la lineación. - Las fracturas paralelas a la lineación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La lineación generalmente es paralela al eje del pliegue F_1 (b_1). - El eje "Y" del elipsoide de deformación de F_1.
<p>Lineamiento de intersección primer clivaje/segundo clivaje L_2 (S_1/S_2) sobre las superficies S_1 y S_2 (generalmente S_2 es un clivaje de crenulación).</p>  <p>Plano S_2 $12^\circ/150^\circ$ L_2 Plano S_2 Clivaje crenulado S_1</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La inmersión de la lineación L_2 (también se requieren los datos para S_0, S_1 y S_2). - El esfuerzo de objetos deformados paralelos a la lineación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La naturaleza de la lineación. - La orientación y naturaleza de S_0, S_1 y S_2. - La naturaleza de la deformación. - El crecimiento de fibras paralelas a la lineación. - Las fracturas paralelas a la lineación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La lineación generalmente es paralela al eje b_2 del pliegue F_2 (para superficies S_1). - El eje "Y" del elipsoide de deformación de F_2.

Tabla 3.2 Datos a recolectar al observar lineaciones de alargamiento mineral ML_1 , ML_2 , entre otras (McClay K., 1987, p. 82)

Estructura	¿Qué medir?	¿Qué observaciones registrar?	Resultados del análisis
<p>Lineación por alargamiento mineral ML_1 en S_1.</p>  <p>Clivaje S_1 $80^\circ/070^\circ$ Lineación por alargamiento mineral ML_1</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La inmersión de la lineación ML_1 (también se requieren datos de orientación para S_0 y S_1). - El esfuerzo de objetos deformados paralelos a la lineación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La naturaleza de la lineación (también se requiere la naturaleza de la estratificación y del clivaje). - Los sobrecrecimientos paralelos a la lineación, direcciones de las fibras. - La naturaleza de la deformación. - Los sobrecrecimientos fibrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> - La lineación generalmente es paralela al eje "X" del elipsoide de deformación finita F_1, (eje tectónico "a1"). - El eje "X" del elipsoide de deformación finita F_1.
<p>Lineación por alargamiento mineral ML_2 en S_2.</p>  <p>Plano del clivaje de crenulación S_2 $80^\circ/150^\circ$ ML_2 ML_2</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La inmersión de la lineación (también se requieren datos de orientación S_0, S_1 y S_2). - El esfuerzo de objetos deformados paralelos a la lineación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La naturaleza de la lineación (también se requiere de S_0, S_1 y S_2). - Los sobrecrecimientos paralelos a la lineación, direcciones de las fibras. - La naturaleza de la deformación. - Los sobrecrecimientos de las fibras. 	<ul style="list-style-type: none"> - La lineación generalmente es paralela al eje "X" del elipsoide de deformación finita F_2 (eje tectónico "a2"). - El eje "X" de elipsoide de deformación finita F_2.

Muchos geólogos creen que dos conjuntos de lineamientos son básicos a los patrones estructurales y fisiográficos del mundo: un conjunto meridional y ortogonal, y otro conjunto diagonal. Por ejemplo, en Europa, los lineamientos norte-sur incluyen los Peninos en Inglaterra, los lineamientos este-oeste incluyen los ejes Hercinianos y los lineamientos diagonales incluyen los ejes Caledonianos (Affleck, 1970 en, Huggett J., 2017).

Indudablemente los lineamientos existen, pero establecer conjuntos mundiales es difícil debido a la deriva continental. A menos que los continentes mantengan la misma orientación mientras están a la deriva, lo cual no es el caso, los lineamientos formados antes de que una masa de tierra en particular comenzara a derivar necesitarían ser rotados para devolverlos a sus posiciones originales. En consecuencia, un conjunto mundial de lineamientos con alineaciones comunes debe ser fortuito (Huggett J., 2017).

Eso no quiere decir que no existe un sistema mundial de esfuerzo y tensión que pudieran producir patrones globales de lineamientos, pero en un planeta con una superficie móvil su reconocimiento sería asombroso (Huggett J., 2017).

De acuerdo con Bejar (s/f), los lineamientos se jerarquizan en tres categorías según su entidad y naturaleza:

- Lineamientos de primer orden: son aquellos de mayor longitud, con expresión morfológica muy clara.
- Lineamientos de segundo orden: también tienen una acusada expresión, generalmente de carácter morfológico, aunque su significado estructural no es en

algunos casos tan evidente como el de los lineamientos de primer orden. Su longitud es también menor que la de éstos.

- Lineamientos de tercer orden: son aquellos de expresión tenue y significado desconocido. También incluyen aquellos con buena expresión morfológica, pero de longitud más pequeña que los de segundo orden.

3.2.5 Caracterización geomorfológica

La geomorfología todavía no dispone de un sistema taxonómico formalmente estructurado para clasificar las formas del relieve geoformas (Zinck J., 2012).

Existe cierto consenso en cuanto a agrupar las geoformas por familias de procesos que operan sobre determinadas clases de rocas o en determinadas zonas bioclimáticas por ejemplo, de formas cársticas generadas por disolución de las rocas calcáreas, de formas desérticas creadas en ambientes secos, de formas glaciares modeladas por la actividad del hielo, o de formas aluviales controladas por la actividad de los ríos. Sin embargo, estas geoformas no se integran en un esquema estructurado de tipo jerárquico (Zinck J., 2012).

En tal sentido, hace falta crear un sistema que permita acomodar y organizar las geoformas de acuerdo a sus características y su origen y de acuerdo a las relaciones jerárquicas entre geoformas. Para esto se requiere un sistema multicategorico (Zinck J., 2012).

Visto así, la geomorfología, a diferencia de otras disciplinas, aún se debate entre las metodologías y los énfasis propuestos y mantenidos por diversas escuelas en la descripción de los paisajes (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

Generalmente, los autores defienden su propuesta como la más adecuada para un objetivo específico y, a partir de esta condición, buscan darle una validez universal a ella (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

Desde los ciclos de erosión de Davis (1846) a la geopedología de Zinck J. (2012): la geomorfología estructural de Penck (1890), la geomorfología climática de Tricart (1965), la geomorfología fluvial de Leopold (1963) y la geomorfología tropical de Thomas (1974), son sólo algunas de las propuestas conocidas; muchas de las cuales han pretendido ser calificadas como una ruptura epistemológica (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

Por otra parte, las categorías y la terminología geomorfológica son vagas y en pocas ocasiones confusas: el término geoforma en sí es ambiguo.

La geoforma es el concepto genérico que designa todos los tipos de formas del relieve terrestre independientemente de su origen, de su dimensión y de su nivel de abstracción –su uso es similar a como se utilizan los conceptos de suelo en pedología o de planta en botánica (Zinck, 1988, y, Zinck y Valenzuela, 1990b en Zinck J., 2012).

De acuerdo con Zinck J., (2012), el término de geoforma –con significado genérico ha sido introducido recientemente en la Guía para la Descripción de Suelos de la FAO (2009).

Las geoformas tienen un componente interno hipogeo y un componente externo epigeo en relación a la superficie del terreno. El componente interno es el material de la geoforma su contenido, cuyas características conllevan información genética y estratigráfica cronológica. El componente externo de la geoforma es su Figura, su

forma el conteniente, la cual expresa una combinación de características morfológicas y morfométricas (Zinck J., 2012).

El componente externo es directamente accesible a la percepción visual proximal o distal, que ésta sea humana o instrumental (Zinck J., 2012).

Idealmente, la clasificación de las geoformas debería reflejar características de ambos componentes, el material constituyente y su expresión fisiográfica. El aspecto externo de las geoformas es muy relevante para su reconocimiento directo y su cartografía. Por esta razón, un sistema de clasificación de las geoformas tiene necesariamente que combinar criterios de percepción de la realidad geomorfológica y criterios propiamente taxonómicos, basados en atributos diagnósticos (Zinck J., 2012).

En general, se acepta que una geoforma es un rasgo físico reconocible en la superficie terrestre, con una forma propia característica y que es el resultado de los procesos morfogenéticos que interactúan según el ambiente específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de dichos procesos sobre los materiales y estructuras geológicas que las constituyen; sin embargo, queda pendiente la cuestión de la extensión (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

Las geoformas pueden tener una extensión tal que las haga asimilables a unidades geomorfológicas propiamente dichas como sería el caso de artesas, valles, mesetas, llanuras, pueden ser geoformas simples –por ejemplo, el caso de un thalweg; y geoformas complejas, integradas por diferentes elementos o partes de ellas, como es el caso de un cauce, que comprende: barrancas, fondo, entre otras (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

Es preferible reservar este término para rasgos individuales, identificables en cartografía a escalas mayores que 1:10.000; como escarpes, terrazas, conos volcánicos, taludes (s.s), abanicos aluviales, entre otros (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

3.2.5.1 Ejemplos de clasificación geomorfológica

Los geomorfólogos siempre han mostrado interés por clasificar las geoformas, pero los criterios usados para ello han cambiado en el transcurso del tiempo y todavía son muy diversos.

Según Zinck J. (2012), entre los enfoques de clasificación geomorfológica se encuentran los siguientes:

- Clasificación por orden de magnitud: el criterio dimensional ha sido utilizado para clasificar las geoformas (Tricart, 1965a; Goosen, 1968; Verstappen y Van Zuidam, 1975; entre otros). Estas clasificaciones son jerárquicas, con énfasis en la geomorfología estructural en los niveles superiores del sistema. Las dimensiones espacial y temporal de las unidades geomorfológicas varían desde el global hasta el local y desde el primitivo hasta el actual.

Tricart (1965a) considera que la dimensión de los objetos de la geomorfología (hechos y fenómenos) interviene no solamente en su clasificación, sino también en la selección de los métodos de estudio y en la naturaleza de las relaciones de la geomorfología con disciplinas vecinas (Zinck J., 2012).

La clasificación de Cailleux-Tricart (Tricart, 1965a) en ocho órdenes de magnitud espacio-temporal es un ejemplo representativo de este enfoque (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Clasificación taxonómica de las unidades geomorfológicas de Cailleux-Tricart (Tricart, 1965a, en, Zinck J., 2012, p. 52).

Orden	Tipos de unidades	Ejemplos de unidades	Extensión (km ²)	Tiempo (años)
I	Configuración del globo terráqueo.	Continente, cubeta oceánica.	10 ⁷	10 ⁹
II	Grandes conjuntos estructurales.	Escudo, geosinclinal.	10 ⁶	10 ⁸
III	Grandes unidades estructurales.	Cadena de montaña, cuenca sedimentaria.	10 ⁴	10 ⁷
IV	Unidades tectónicas elementales.	Serranía, horst.	10 ²	10 ⁷
V	Accidentes tectónicos.	Anticlinal, sinclinal.	10	10 ⁶ - 10 ⁷
VI	Formas de relieve.	Terraza, circo glaciar.	10 ⁻²	10 ⁴
VII	Microformas.	Lapiez, soliflucción.	10 ⁻⁶	10 ²
VIII	Rasgos microscópicos.	Corrosión, desagregación.	10 ⁻⁸	-

En cambio, Lueder (1959) distribuye las geoformas en tres órdenes de magnitud en un enfoque similar pero menos elaborado: a) primer orden, incluye continentes y cuencas oceánicas.; b) segundo orden, las serranías montañosas; c) tercer orden, se encuentra una variedad de formas como valle, depresión, cresta, y acantilado (Zinck J., 2012).

- Clasificación genética y genético-corológica: existen variantes de clasificación genética de las geoformas basadas en las subdivisiones convencionales de la geomorfología como disciplina científica en áreas especializadas concernidas con diferentes tipos de geoformas (Zinck, 2012 | Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Agrupación de geoformas por origen (Zinck J., 2012, p. 53).

Áreas de estudio de la geomorfología	Tipos de geoformas
Geomorfología estructural (tipos de relieve)	Relieve de cuesta, plegado, de escudo, entre otras.
Geomorfología climática (tipos de modelado)	Modelado glacial, periglacial, eólico, entre otras.
Geomorfología azonal (tipos de formas)	Formas aluviales, lacustrinas, costeras, entre otras.

La clasificación genético-corológica se basa en el concepto de zona morfogenética, cuya distribución latitudinal y altitudinal es paralela a la subdivisión de la superficie terrestre en amplias zonas bioclimáticas, generando una serie de dominios morfoclimáticos con su asociación de geoformas: glacial, periglacial, templado húmedo, seco, mediterráneo, subtropical, y tropical húmedo, seco (Zinck, 2012).

Esta clasificación combina origen y distribución geográfica de las geoformas. Se utiliza frecuentemente para presentar las geoformas por capítulos en los manuales de geomorfología. Se basa en alguna modalidad de estructura jerárquica. Conduce a una tipología de las geoformas, pero no provee una clara definición de los criterios utilizados en la jerarquización y en la tipificación. Hay tendencia de enfatizar un tipo de atributo de las geoformas en detrimento de los demás: por ejemplo, la dimensión, o la génesis, o la distribución geográfica (Zinck J., 2012).

3.2.5.2 Niveles de percepción y estructuración de un espacio geomorfológico

La geomorfología es ante todo una ciencia de observación, dado que busca la identificación y separación de paisajes a partir de mapas topográficos, modelos digitales de elevación o del terreno, documentos de sensoramiento remoto

permitiendo visión estereoscópica, pero principalmente por lectura de los rasgos fisiográficos en el campo (Zinck J., 2012 | Figura 3.10).

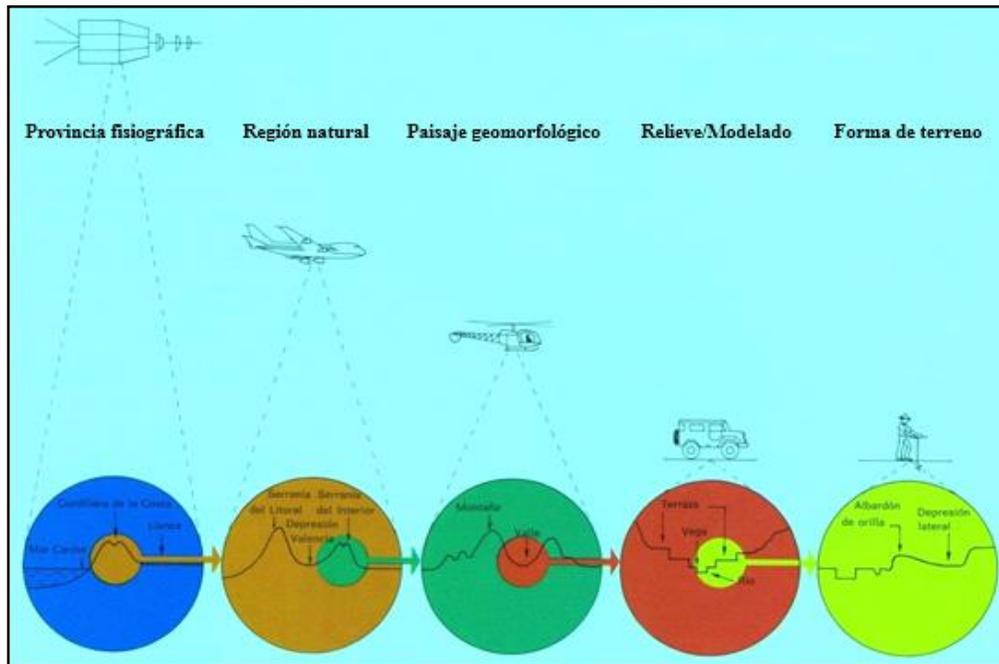


Figura 3.10 Niveles sucesivos de percepción de geoformas según el nivel de observación (Zinck J., 1980, en, Zinck J., 2012, p. 64).

Las geoformas pueden ser percibidas por visión humana o sensores artificiales, porque tienen una apariencia fisionómica en la superficie de la tierra geopaisaje. Teniendo en cuenta que, la fisiografía describe este aspecto externo correspondiente al componente epigeo de las geoformas. Gracias a su expresión paisajística, las geoformas son los elementos más directamente estructurantes del terreno, más que cualquier otro objeto o rasgo natural. Inclusive un observador no-científico puede advertir que cualquier porción de la corteza terrestre tiene una estructura determinada por el relieve, que permite subdividirla en elementos componentes. Las veces que una superficie de terreno puede ser subdividida depende del nivel de percepción usado para esto (Zinck J., 2012).

Aunque el concepto de nivel de percepción es subjetivo cuando se usa el ojo humano, éste ayuda a jerarquizar los componentes estructurales de una superficie de terreno (Zinck J., 2012).

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Arcilla

El término arcilla puede hacer referencia al tamaño de grano o a la composición del sedimento. Por un lado, arcilla es un sedimento compuesto por granos de un tamaño de menos de 4 micras (o sea, menos de 4 milésimas de milímetro). Para hacerse una idea, los granos no se notan ni al tacto ni con la boca. Por otro lado, también se llama arcilla a los minerales del grupo de los silicatos con estructura en hojas (filosilicatos) y tamaño de grano muy pequeño (décimas a milésimas de milímetro). Son ejemplos la caolinita, la esmectita, la sepiolita. Hay que utilizar el término con cuidado, porque no todos los minerales del grupo de la arcilla son de tamaño arcilla, ni todos los minerales de tamaño arcilla son del grupo de las arcillas (Wilson G., 1978).

3.3.2 Arena

Sedimento compuesto por granos sueltos no cementados de un tamaño entre limo y grava, es decir, entre 0,065 y 2 milímetros (Wilson G., 1978).

3.3.3 Arenisca

Roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño arena unidos por una matriz y/o cemento de grano más fino (Wilson G., 1978).

3.3.4 Conglomerado

Roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño grava más de 2 milímetros. Cuando los cantos son angulosos se le llama brecha sedimentaria (Wilson G., 1978).

3.3.5 Crucero (minero)

Donde se interceptan dos vetas o diques (Griem W., 2020).

3.3.6 Cuarcita

Roca metamórfica procedente del metamorfismo de una arenisca y compuesta por granos de tamaño arena predominantemente de cuarzo, y que están cementados por cuarzo, dando lugar a una roca muy dura y resistente a la erosión (Wilson G., 1978).

3.3.7 Diaclasa

Plano de rotura de una roca a lo largo del cual no hay desplazamiento entre los dos bloques que separa. Generalmente es de pequeña extensión desde centímetros a decenas de metros (Wilson G., 1978).

3.3.8 Estrías

Líneas finas ubicadas sobre un plano de falla, que indican la orientación del desplazamiento y el posible sentido. Se encuentran en casi todos los lugares y el reconocimiento es fácil. Sin embargo, el problema es que las estrías solo marcan el último movimiento el cual posiblemente no coincide con el movimiento general.

Aunque cuesta, el sentido del movimiento se puede reconocer con el dedo, pero puede tender a equivocarse (Griem W., 2020).

3.3.9 Foliación

Tipo de estructura bandeada que presentan los minerales que forman el gneis y otras rocas metamórficas de alto grado (Wilson G., 1978).

3.3.10 Geoforma

Rasgo físico reconocible en la superficie de la tierra, con una forma propia característica. Las geoformas son el resultado de los procesos morfogenéticos que interactúan según el ambiente específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de dichos procesos sobre los materiales y estructuras geológicas que las constituyen (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

3.3.11 Geomorfoestructura

Área geográfica mayor caracterizada y definida por un conjunto de terrenos geológicos, cada uno de ellos sometido a eventos comunes de intrusiones ígneas y vulcanismo, sedimentación y metamorfismo, deformación y basculamiento; corresponden a estructuras geológicas y topográficas regionales (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

3.3.12 Gneis

Roca metamórfica compuesta principalmente por cuarzo, feldespato y mica, y que estuvo sometida a alta temperatura y presión en el interior de la corteza terrestre.

Estos minerales forman un bandeo característico al que se denomina foliación (Wilson G., 1978).

3.3.13 Granito

Roca plutónica compuesta principalmente de cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa en cantidades variables, generalmente acompañados también de hornblenda, biotita y otros minerales secundarios (Davis, G., Reynolds, S., y Kluth, C., 2012).

3.3.14 Granitoide

Término genérico utilizado en la descripción de rocas en el campo para hacer referencia a rocas plutónicas de composición aparentemente similar a un granito, y pendiente de su confirmación una vez que se haya hecho el análisis químico, mineralógico y petrológico (Wilson G., 1978).

3.3.15 Grava

Sedimento compuesto por granos y cantos de un tamaño mayor de 2 milímetros (Wilson G., 1978).

3.3.16 Lineamiento (lineation, del inglés)

Es una tendencia, una dirección o un rasgo característico de algo (Ragan D., 2009).

De acuerdo con Griem W. (2020), una intercepción de dos elementos planares produce una lineación.

3.3.17 Minerales félsicos

Término genérico para referirse al cuarzo y silicatos del grupo de los feldespatos, generalmente de colores claros y baja densidad relativa (Twiss, R., y Moores, E., 2006).

3.3.18 Minerales máficos

Término genérico para referirse a silicatos ricos en hierro y magnesio, como olivino, piroxeno, hornblenda, biotita, etc., generalmente de colores oscuros y alta densidad relativa (Twiss, R., y Moores, E., 2006).

3.3.19 Plunge

Magnitud de la inclinación de una lineación corresponde al manto o buzamiento (Griem W., 2020).

3.3.20 Pliegue volcado (Overtained fold, overfold del inglés)

Es un pliegue en el que el plano axial está inclinado, de modo que los limbos del pliegue se hunden en la misma dirección, pero no necesariamente en la misma cantidad. Por lo tanto, un limbo está “volcado” (Oxford University Press, 2013).

3.3.21 Provincia geomorfológica

Área geográfica extensa definida por un macro relieve y una génesis geológica común; corresponde a una región natural que usualmente coincide con un terreno geológico demarcado por suturas y megafacturas (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

3.3.22 Región geomorfológica

Amplia extensión de terreno donde se encuentra una agrupación de unidades geomorfológicas y geoformas relacionadas genéticamente, definidas por los ambientes geológicos, climáticos y morfogenéticos comunes. La escala de trabajo está definida entre 1: 250.000 y 1: 500.000 (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

3.3.23 Tectónico o tectónica

Que tiene relación con la estructura geológica de las rocas –pliegues, fallas, otras–, su formación, origen y evolución (Fossen H., 2019).

3.3.24 Trend

Hacia donde se inclina una lineación (Griem W., 2020).

3.3.25 Unidad geomorfológica

Extensión de terreno caracterizada por un conjunto de rasgos topográficos o geomorfológicos homogéneos bien definidos y correlacionados genéticamente. Normalmente una unidad geomorfológica se desarrolla sobre una sola formación superficial y su génesis fue controlada por un proceso geomorfológico mayor. La unidad geomorfológica es una categoría básica de la cartografía geomorfológica determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala de trabajo (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2017).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

4.1.1 Según el propósito que persigue la investigación

La investigación aplicada se realiza con la intención de buscar conocimientos con fines de aplicación inmediata a la realidad, para modificarla y que su propósito consiste en la búsqueda de información para desarrollar un modelo o una teoría sobre determinado problema (Sabino C., 1992).

De acuerdo con el propósito que persigue, la investigación cumple con aplicada porque con ésta se buscó comprender las razones que originan el rasgo morfológico lineal observado sobre la superficie terrestre del área investigada cabe señalar que, además resalta de todos los demás rasgos fisiográficos que se observan a su alrededor.

4.1.2 Según el nivel de conocimiento a obtener con la investigación

Esta investigación permitió obtener información del estado actual del fenómeno en estudio. Por lo tanto, se precisó la naturaleza de una situación tal como existe en el momento en que se produce, para luego compararlo con los resultados finales (Sabino C., 1992).

De acuerdo con el nivel de conocimiento a obtener, la investigación es de tipo descriptiva; puesto que indaga acerca de las características del afloramiento rocoso, descubriendo y analizando los rangos más significativos de éste.

4.1.3 Según la estrategia empleada para la recopilación de información

La investigación documental se define como aquella cuya estrategia está basada en el análisis de datos obtenidos de diferentes fuentes de información: informes de investigaciones, libros, monografías y otros materiales informáticos. Mientras que la investigación de campo es el tipo de investigación basada en métodos o técnicas que permiten recoger datos en forma directa de la realidad donde se presentan (Sabino C., 1992).

De acuerdo con la estrategia empleada para el acopio de la información, la investigación tiene un componente documental y otro de campo.

4.2 Diseño de investigación

4.2.1 Investigación documental

Arias F., (2012) señala que “La investigación documental es un proceso en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica, e interpretación de datos secundarios”. De acuerdo con las características que presenta el estudio, según el diseño de la investigación es de tipo documental y de campo, ya que se utilizarán y analizarán los datos de los valores promedios mensuales y anuales correspondientes a las variables meteorológicas registradas en la estación del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Bolivariana-AMB, serial 3882. Además, se apoyará en la consulta, uso y análisis de material cartográfico existente de la zona en cuestión, que serán parte de las bases teóricas del estudio, siendo este el primer paso de la estrategia documental.

4.2.2 Investigación de campo

Parella y Martins, (2006), define: La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.

Claro está, en una investigación de campo también se emplean datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, los esenciales para el logro de los objetivos planteados. Cabe considerar por otra parte, que nuestro diseño de investigación es de campo, debido a que la recolección de datos y muestras se realizó directamente en el campo.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

La población objeto de estudio es definida como el universo de la investigación sobre la cual se pretende generalizar los resultados (Chávez N., 1994).

En el caso particular de esta investigación, la población lo constituyen todos los rasgos geológicos-estructurales de tendencia lineal que se encuentran en el contexto geológico regional del área de estudio.

4.3.2 Muestra de la investigación

Una vez delimitada la población, se requiere definir la muestra de la investigación, que consiste en determinar una parte o porción de ese universo para conocer sus propiedades particulares.

La muestra es un subgrupo de la población subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población según (Ballestrini M., 2006).

La muestra objeto de estudio en esta investigación queda definida por el lineamiento estructural de Villa Informativa, entiéndase que este último se emplea como un término informal.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Análisis documental

Es la operación que consiste en seleccionar ideas informativamente relevantes de un documento, a fin de expresar su contenido sin ambigüedades, y poder así recuperar la información contenida en éste (Solís Hernández I., 2003).

En este trabajo de investigación la información proviene de diversas fuentes: trabajos de grado, informes de pasantía, artículos de revista, material audiovisual, datos meteorológicos, entre otras; se encuentra en diversos formatos o medios para su revisión bibliográfica, cartográfica, electrónica, comunicaciones personales; y procede de diversas fuentes primarias y secundarias.

4.4.1.2 Observación directa

Es la primera forma de contacto o de relación con los objetos que van a ser estudiados. Constituye un proceso de atención, recopilación y registro de información, para el cual el investigador se apoya en sus sentidos (vista, oído, olfato, tacto, sentidos kinestésicos y cenestésicos), para estar al corriente de los sucesos y analizar los eventos ocurrientes en una visión global, en todo un contexto natural. De este modo la observación no se limita al uso de la vista (Hurtado J., 2000).

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Entre los instrumentos necesarios para recolectar la información, durante el desarrollo de la investigación, se emplearon los siguientes:

- a) Libreta de campo y lápiz, para registrar la observación directa de campo.
- b) Cámaras fotográficas: integrada en los equipos de telefonía móvil.
- c) Brújula Brunton.
- d) Sistema de posicionamiento global (GPS).
- e) Mandarria: para toma de muestras de roca frescas.
- f) Computadora con aplicaciones especiales.

4.5 Flujograma de investigación

Para ayudar en la formulación del problema y en la redacción de la investigación se emplearon dos fases: una de campo y otra de oficina (Figura 4.1).

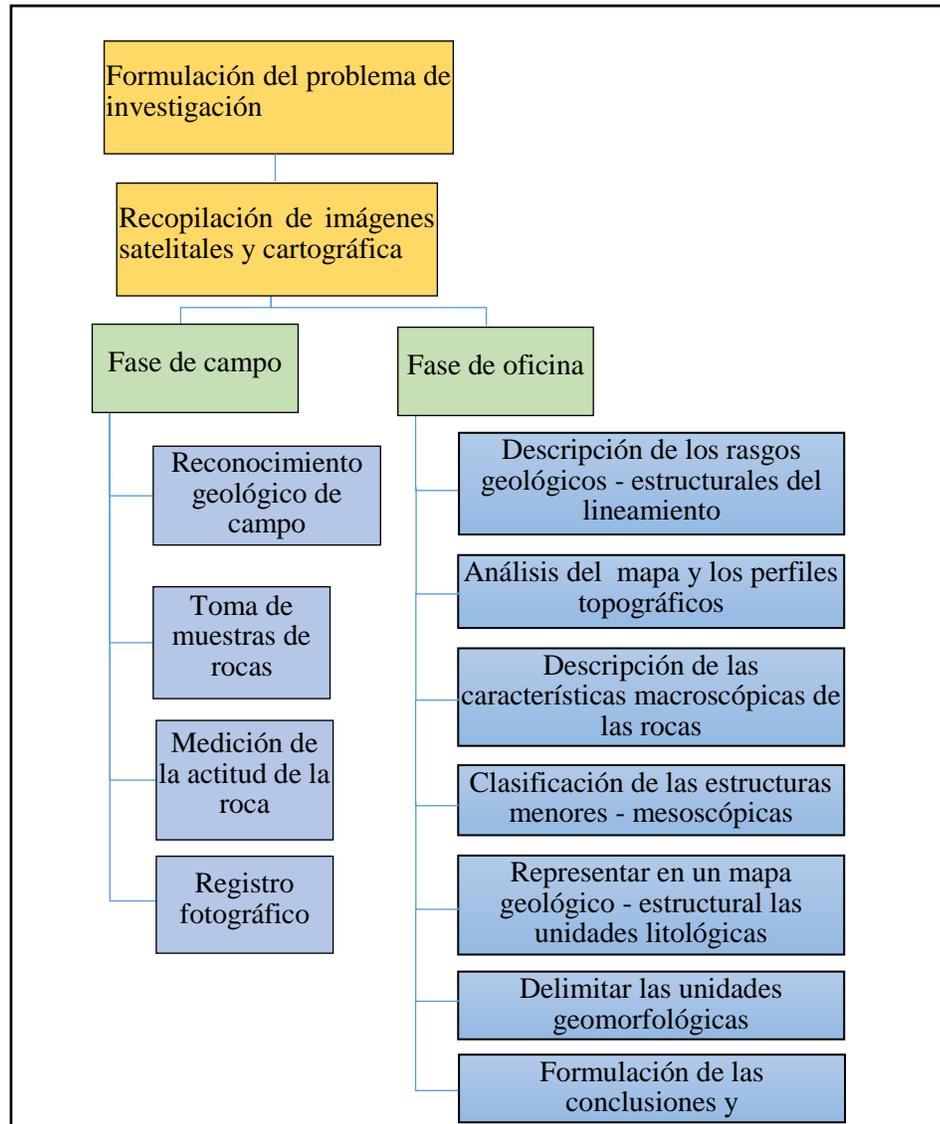


Figura 4.1 Flujograma de trabajo seguido para el desarrollo de la investigación

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

A continuación, se describirá la metodología que ha sido esquematizada en el flujograma antes presentado.

4.6.1 Formulación del problema de la investigación

El presente trabajo de investigación se formula con el fin de averiguar la figura estructural asociada con un lineamiento ubicado al Sureste de Ciudad Bolívar, sobre la divisoria de aguas de la quebrada Casanova y el río Marhuanta, a través de un estudio preliminar de campo y revisión de imágenes satelitales; pues las estructuras lineales en una región es extremadamente importante en la cartografía geológico-estructural, para separar fases de deformación y para determinar la cinemática de la deformación dentro de ésta.

4.6.2 Recopilación de información

La información para esta investigación fue de varias fuentes de imágenes satelitales que fueron analizadas con diversas aplicaciones, hojas cartográficas y mapas geológicos.

4.6.2.1 Imágenes satelitales

Para la interpretación del lineamiento geológico-estructural correspondiente, ubicado entre la parte alta de la quebrada Casanova y la parte media del río Marhuanta, se utilizaron imágenes Landsat, la última con fecha de registro del 19-08-2021, procesadas digitalmente con la tecnología de Maxar a distintas escalas y provistas por Google Earth Pro© (v. 7.3.4.8248 | 64 bit).

La delimitación e interpretación del rasgo morfológico se realizó mediante superposición de líneas y polígonos sobre las distintas imágenes, adquiridas en fechas diferentes y alojadas en el historial de imágenes de Google Earth Pro©; consultando simultáneamente las distintas escalas y definiciones que se podían alcanzar con las distintas imágenes analizadas.

Como mosaico de referencia, se tomó la imagen a color corregida geoméricamente (EPSG: 3857) descargada desde el imaginario mundial del programa Global Mapper (v.20 | 64 bit | Blue Marble Geographics); siendo este fotomosaico el mismo que carga y aparece en la aplicación FieldMove.

4.6.2.2 Cartografía

Para la elaboración del mapa base se consultaron las siguientes bases cartográficas, procedentes de las siguientes fuentes:

a) La hoja cartográfica 7540: Marhuanta, edición 1-DCN de 1970, que cubre la parte oriental de Ciudad Bolívar, y fue elaborada por la Dirección de Cartografía Nacional-DCN del antiguo Ministerio de Obras Públicas-MOP.

b) El plano de Ciudad Bolívar-Soledad, archivo digital de AutoCAD anexo al Plan de Ordenamiento Urbano-POU de Ciudad Bolívar (Ministerio de Infraestructura, 2004).

c) La información planialtimétrica provista por el levantamiento satelital de la Misión Topográfica de Radar de la Shuttle (del inglés, Shuttle Radar Topography Mission-SRTM); llevado a cabo por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio del inglés, NASA, en el año 2000, y que se puede descargar como un archivo de nombre N08W064.hgt desde el servidor de esta agencia espacial del gobierno estadounidense.

Hay que destacar que la información proveniente de las dos primeras fuentes se encuentra referida al datum PSAD56, comúnmente conocido como La Canoa, mientras que la información de la SRTM si bien puede georeferenciarse a cualquier datum conocido en este trabajo se tomó WGS84.

Adicionalmente, se contó con una serie de mapas geológicos elaborados sobre el área de estudio a distintas escalas por diversos autores, entre los que destacan:

d) El “Mapa geomorfológico entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana” elaborado por Yánez (1971) a escala 1:50.000.

e) El “Mapa de geología” realizado por CVG Técnica Minera C.A. (1991) para la hoja NC-20-14 a escala 1:250.000.

f) El “Mapa geológico de la cuenca hidrográfica del río Marhuanta, Ciudad Bolívar-estado Bolívar” elaborado por Trias V. y Rodil D. (2004) a escala 1:200.000.

g) El “Mapa geológico de la hoja Marhuanta N° 7540” elaborado por Murillo N. (2005) a escala 1:100.000.

A pesar de que la escala 1:50.000 corresponde al límite que se pueden ampliar las imágenes Landsat TM (del inglés, un sensor Thematic Mapper-TM) sin que se pierda definición, en este trabajo se alcanzaron ampliaciones a mayor escala que ayudaron a mejorar la visión regional del área y contextualizar los lineamientos en el marco geológico-estructural regional. Por tanto, la versatilidad de poder contar con distintas escalas de análisis aportó un tipo de información sobre el mapa y la combinación de todos ellos sobre todo el territorio investigado.

4.6.3 Fase de campo

En este estudio se emplearon dos niveles de observación: en primer lugar, el rasgo fisiográfico lineal identificado claramente en la imagen de sensores remoto, y, en segundo lugar, el reconocimiento geológico de la estructura mediante inspecciones de campo.

4.6.3.1 Reconocimiento geológico de campo

La minuta de campo se realizó tanto de la manera tradicional, con anotaciones en libreta de campo y registro fotográfico, como de forma electrónica, mediante el uso de la aplicación FieldMove instalada en un teléfono inteligente.

Cabe señalar que este último programa es una aplicación diseñada para el cartografiado geológico en campo, la cual permite que la información levantada quede plasmada en tiempo real mediante el acopio continuo de data digital (Tabla 4.1 y Figura 4.2).

Tabla 4.1 Minuta de los puntos levantados en campo

Puntos	Sistema de coordenadas: Universal Transversal de Mercator, UTM (m) Datum: WGS84 Huso: 20	
	Este (m)	Norte (m)
A	448.819,39	895.548,98
B	448.648,51	894.905,36
C	448.496,34	894.906,31
D	448.343,05	894.783,22
E	448.343,05	894.783,22
F	448.062,20	894.774,48
G	447.752,27	894.813,97
H	447.959,78	895.295,45

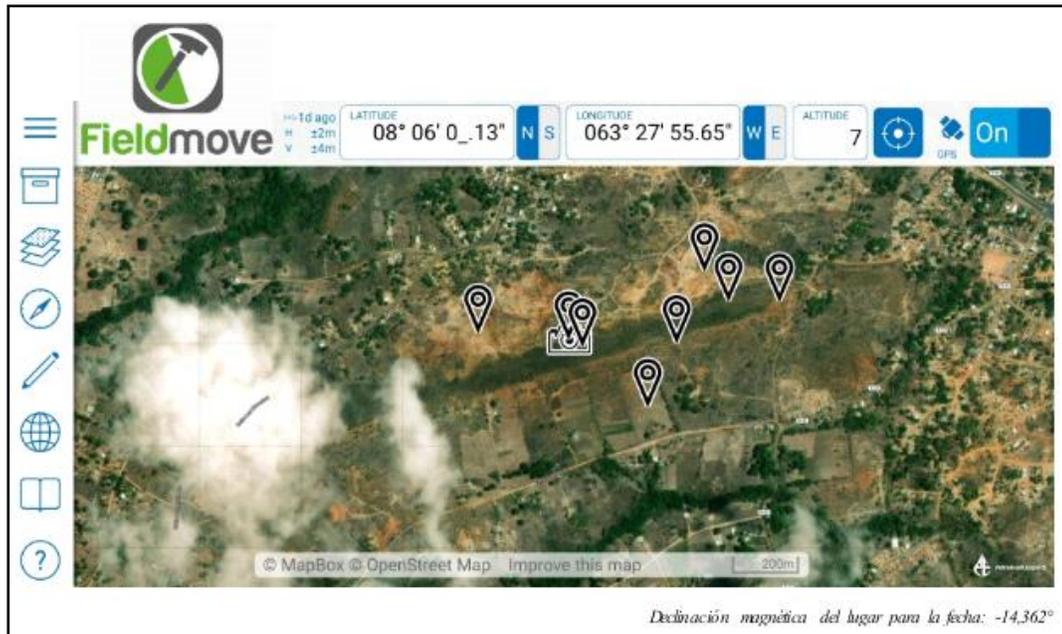


Figura 4.2 Minuta de campo electrónica realizada con la aplicación FieldMove de la empresa Petroleum Experts Ltd

4.6.3.2 Toma de muestras de rocas

Se recolectaron muestras de mano en diferentes partes del área de estudio, que fueron analizadas en campo y clasificadas macroscópicamente.

4.6.3.3 Medición de la actitud de la roca y las estructuras

Con la utilización de la brújula tipo Brunton se realizaron mediciones de rumbo y buzamiento de las estructuras presentes en las rocas, tales como foliación, datos de los plegamientos y de las diaclasas.

4.6.3.4 Registro fotográfico

Se tomaron fotografías con la cámara del teléfono del paisaje, el relieve, de los afloramientos, de las muestras y de las estructuras tales como foliación, plegamientos y diaclasas, presentes en las rocas aflorantes del área de estudio: que sirvan de apoyo para describir las características de la zona, de las rocas y de las estructuras geológicas, y dejar un registro fotográfico de los aspectos estudiados en campo.

4.6.4 Fase de oficina

Contempló la revisión y acopio de la información disponible sobre el área de estudio investigaciones, mapas, datos procedentes de fuentes primarias como secundarias. La mayoría de esta información se encontraba dispersa en manos de privados, debido a la falta de centros de documentación que la resguardaran.

Posteriormente se realizó una revisión, organización y análisis de los documentos encontrados. Se priorizó el material según su relación con el tema planteado del proceso de caracterización geológica de un lineamiento estructural. Se inició la redacción del informe.

4.6.4.1 Identificación del rasgo geológico-estructural asociado al lineamiento

Se manejaron dos premisas con respecto al rasgo lineal observado en las imágenes satelitales del área, que la traza perteneciera: a) al plano de una falla o b) al eje de un plegamiento, según se describe en la definición de lineamiento geológico estructural. Sin embargo, en campo no lograron identificarse indicadores cinemáticos

de movimiento a lo largo de un plano de falla, por ejemplo, estrías. En cambio, se observaron rocas plegadas.

Así que, de manera informal se denominó este rasgo geológico en la zona como “lineamiento estructural de Villa Informativa”, por su cercanía a este sector de la ciudad.

4.6.4.2 Análisis del mapa y de los perfiles topográficos

Se elaboró un mapa topográfico a partir del dato planialtimétrico de la SRTM, mediante el uso de la aplicación Global Mapper. Este mapa base se presenta con curvas de nivel interespaciadas cada 0,5 m; a escala 1:15.000 y sistema de proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator-UTM.

Cabe señalar que no se pudo contar con un levantamiento superficial de mayor detalle, por ejemplo, como el que se puede obtener mediante el uso de un dron. Por tanto, la información que éste representa es meramente especulativa y solo da una idea aproximada de la configuración del terreno.

Para su obtención se procesó el archivo N08W064.hgt en el programa Global Mapper y de allí se exportó el resultado en formato vectorial a un archivo KMZ para poder ser manipulado en Google Earth. Los perfiles topográficos se crearon directamente con herramientas dentro de Google Earth. Se realizaron dos secciones: una en sentido de la estructura y otra perpendicular a ésta.

4.6.4.3 Descripción de las características macroscópicas de las rocas

Las unidades rocosas y de sedimentos encontrados en el área de estudio se describieron macroscópicamente en campo, a simple vista o mediante el uso de una lupa de mano. Para esto se emplearon criterios para la descripción de los diferentes tipos de rocas y estructuras en campo. Los resultados se cotejaron posteriormente en oficina con las muestras recuperadas.

4.6.4.4 Reconocimiento de las estructuras geológicas menores

Sin lugar a dudas, el lineamiento es el rasgo macroscópico más importante. Sin embargo, en el área también se pueden identificar estructuras geológicas menores, de escala mesoscópica.

- **Lineamientos:** en las imágenes satelitales se distinguen por el rasgo lineal, el cambio de tono y de textura del terreno, adó que la delineación de los lineamientos geológico-estructurales representa una tarea un tanto subjetiva, pues su definición puede diferir de un intérprete a otro, los señalados en este trabajo resultan ser los más evidentes.

Del mismo modo, la asignación del grado de los lineamientos aquí señalados, que depende de la claridad e intensidad con que éstos se ven en la imagen, no da tregua a una discusión.

- **Plegamientos:** con las diversas mediciones realizadas en campo con la brújula Brunton se clasificaron estas estructuras entre los principales tipos de pliegues según la geometría del plano de estratificación, su posición espacial y la relación que guardan entre sí las capas plegadas. Debido a las limitadas mediciones realizadas en

campo y lo complejo de realizar estudios en formaciones geológicas tan antiguas debido a su historia tectónica las conclusiones obtenidas se pueden considerar algo especulativas.

- **Diaclasamiento:** las ampliaciones logradas con los programas a mayor escala que la de 1:50.000 permitieron distinguir pequeños rasgos que de otra manera pudieron pasar como desapercibidos. Dicho de otro modo, en general, la versatilidad que brinda Google Earth para acercar, alejar y rotar la imagen del terreno representó un elemento clave al permitir, por ejemplo, cambiar el punto de vista de observación; poder consultar otras imágenes con correcciones de color; consultar mosaicos adquiridos en fechas, escalas y métodos de procesamiento digital distintos; entre otras.

Desafortunadamente, no se pudo contar con un levantamiento aerofotogramétrico a mayor escala como el que se puede alcanzar con un vehículo aéreo no tripulado-VANT del inglés, unmanned aerial vehicle, UAV o más apropiadamente con un sistema aéreo remotamente pilotado SARP del inglés, remotely piloted aircraft system, RPAS; comúnmente conocido como levantamiento con dron.

4.6.4.5 Construcción del mapa geológico-estructural del área estudiada

Para la elaboración de este mapa se delimitaron los contactos aparentes en superficie entre las distintas formaciones geológicas que afloran en el área, mediante el análisis de la imagen de fotomosaico provista por Google Earth Pro®. Se cotejó la información proveniente del levantamiento de campo con los rasgos observados en la imagen.

4.6.4.6 Delimitación de las unidades geomorfológicas

El paisaje estudiado se clasificó según las geoformas propuesta por Zinck (2012). Para ello se empleó una imagen TIFF –Geotiff– con resolución de 96 ppp y profundidad de 8 bits; con cobertura sobre toda el área estudiada. La delimitación se realizó bajo el ambiente provisto por el programa Global Mapper.

4.6.4.7 Formulación de las conclusiones y recomendaciones

Los resultados se integraron y se correlacionaron en un solo contexto geológico, donde se evaluaron las limitaciones encontradas durante la investigación y el alcance que ésta tenía para formular las recomendaciones necesarias.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Rasgo geológico-estructural asociado con el lineamiento estructural

El análisis preliminar de las imágenes muestra que el lineamiento geológico-estructural se extiende en dirección SW-NE y la unidad guarda una relación litotectónica con las megatendencias predominantes encontradas en rocas del Complejo de Imataca; es decir, se extiende casi paralelo a la Falla de Guri.

Por consiguiente, en campo se logró constatar que el rasgo geológico-estructural que origina la expresión morfométrica lineal en las imágenes analizadas coincide con una estructura plegada en un relieve denudacional, cuya traza axial en superficie se extiende en dirección WSW-ENE sobre el área. Los limbos de la estructura están volcados hacia el sureste con ángulos de 45° y 70° . De esta manera el rasgo lineal se logró identificar y asociar en campo con una estructura geológica conocida, a la que de manera informal se le denominó lineamiento estructural de Villa Informativa por su cercanía a este sector de la ciudad. (Figura 5.1).

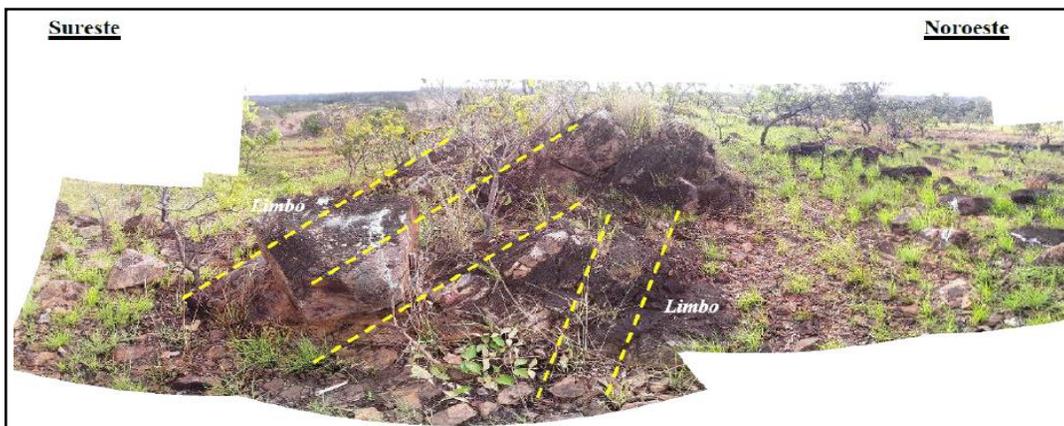


Figura 5.1 Vista transversal SE-NW del lineamiento estructural de Villa Informativa (informal).

El lineamiento de Villa Informativo está muy diaclasado y presenta bloques rocosos dispersos en toda la zona.

5.2 Características topográficas del área de estudio

Entre los aspectos generales del mapa topográfico generado destaca que se encuentra elaborado a escala 1:11.000 y se presenta en el sistema de proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator-UTM. El mapa cubre gran parte del sector 24 de Julio, de la parroquia Marhuanta de Ciudad Bolívar. Con respecto a la hidrografía, en el área se diferencian afluentes de la quebrada Casanova, hacia la parte Noroeste del mapa, y del río Marhuanta, hacia la parte Sureste. También se aprecian algunas lagunas. (Figura 5.2 y Tabla 5.1).

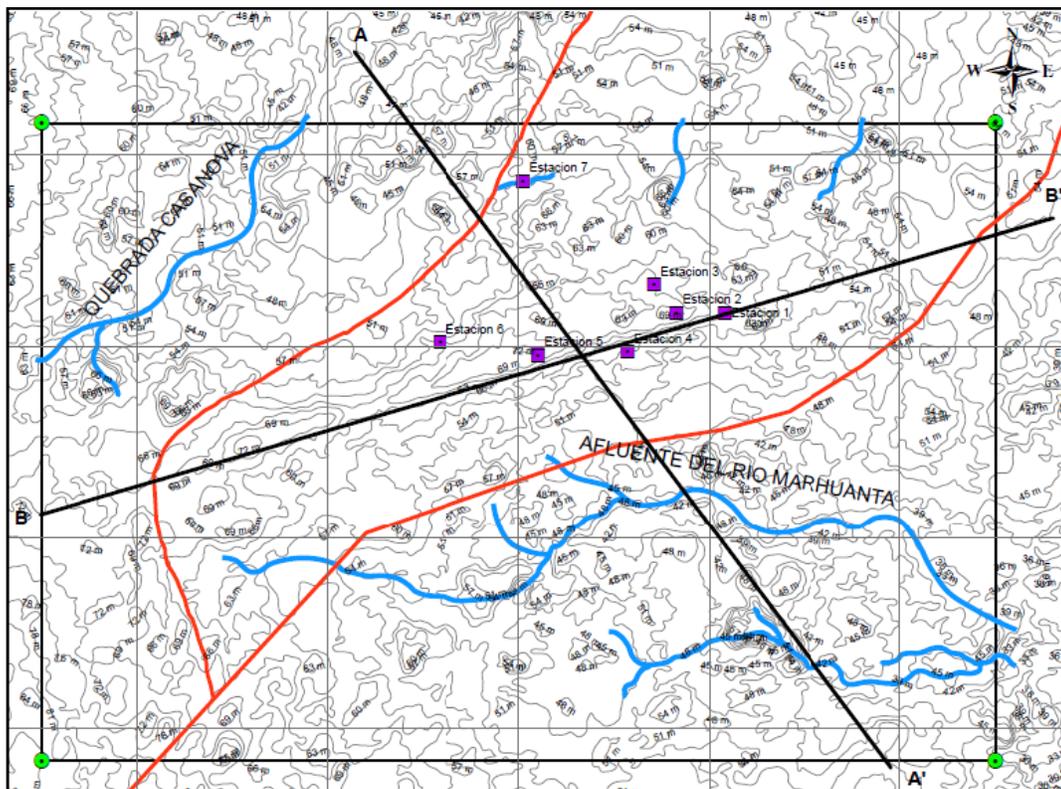


Figura 5.2 Mapa topográfico del área de estudio.

Entre los aspectos físicos, del relieve destacan que: a) las curvas de nivel o isohipsas se encuentran espaciadas cada 0,5 m; b) se pueden apreciar zonas de relieve positivo como las lomas, y negativo asociado a depresiones o valles; c) la altitud mínima es de alrededor de 35 m.s.n.m. y la altitud máxima de 85 m.s.n.m.; d) en los perfiles topográficos se aprecian pendientes elevadas y localmente relieves abarrancados (Figuras 5.3 y 5.4).

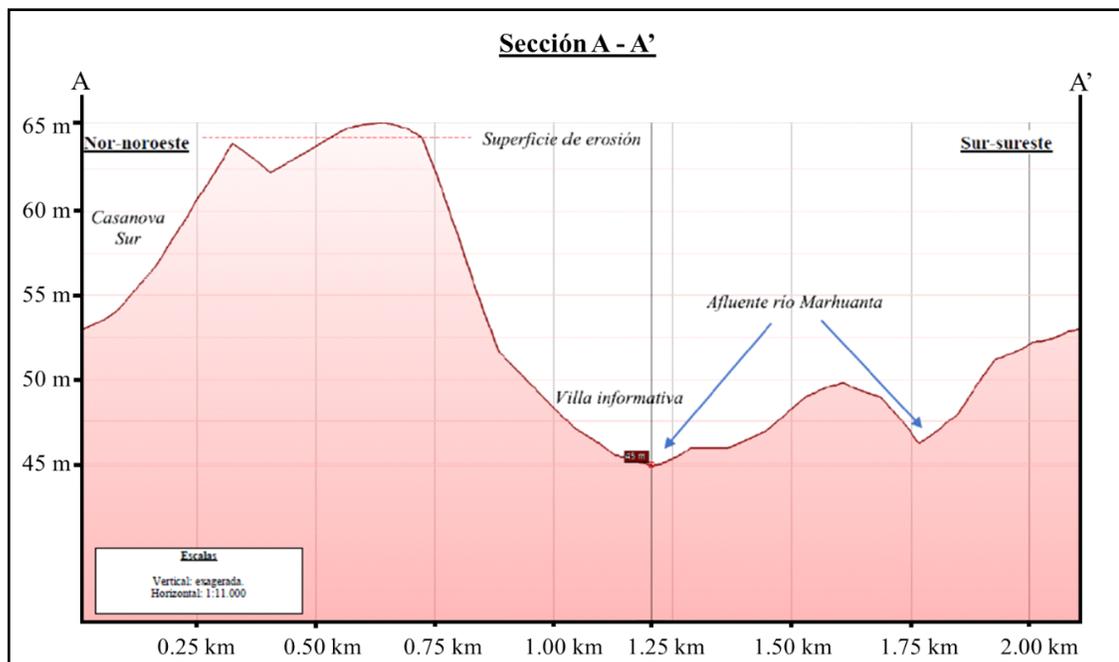


Figura 5.3 Sección topográfica A-A'.

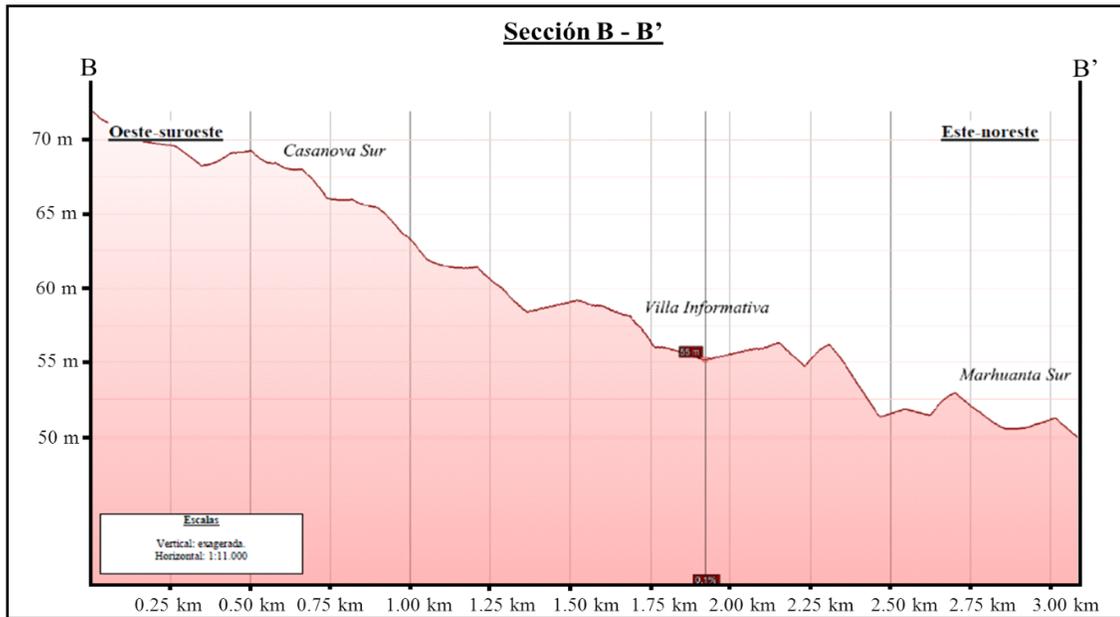


Figura 5.4 Sección topográfica B-B'

De la vegetación, se distinguen los bosques de galería a lo largo de los afluentes de los ríos y tiende a ser de sabana gramínea arbustiva ($\approx 60\%$ del área), bosques de galería ($\approx 30\%$ del área) y matorrales ($\approx 10\%$ del área). El predominio de la vegetación de sabana se debe al uso que se le da a la tierra en la zona.

Entre los aspectos humanos, se distinguen los diversos usos dados a los suelos: agrícola –pecuario y piscícola, e industrial, asociados a la presencia de canteras para el aprovechamiento de material de préstamo y piedra picada; fundamentalmente hacia la parte suroriental de la zona investigada.

Del poblamiento, se distingue que los asentamientos poblacionales son zonas suburbanas, hacia la parte noroccidental del área, y zonas rurales, hacia la parte suroriental. Bolívar.

5.3 Características litológicas de las rocas que afloran en el área de estudio

En el área de estudio se reconocen tres unidades litológicas, claramente diferenciadas: el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los sedimentos Recientes. Adicionalmente se distinguen diferentes unidades de suelos.

5.3.1 Complejo de Imataca

En muestras de mano fresca se distinguen básicamente dos tipos litológicos: a) las cuarcitas ferruginosas y b) los gneises graníticos.

5.3.1.1 Cuarcitas ferruginosas

El análisis macroscópico de muestras de mano fresca muestra:

- a) Cuarcitas ferruginosas bandeadas, de grano fino a medio, de color gris oscuro, algo magnéticas (Figuras 5.5 y 5.6a).



Figura 5.5 Afloramiento de cuarcita ferruginosa.

- b) Cuarzitas ferruginosas no-bandeadas, masivas, muy consolidadas, hematíticas y magnetíticas (Figura 5.6b).

A pesar de su competencia, se pueden encontrar perfiles de suelos con estas unidades litológicas en avanzado estado de alteración; es decir, saprolitizadas (Figura 5.6c).



Figura 5.6 Aspectos diversos de la cuarzita ferruginosa aflorante en el área de estudio.

Estas rocas se encuentran intercaladas con los gneises graníticos que también afloran en el área. Sin embargo, no se pudo establecer su contacto geológico ni en el fotomosaico ni en campo.

5.3.1.2 Gneises graníticos

El análisis macroscópico de muestras de mano fresca revela que los gneises son de composición cuarzo-feldespáticos-biotíticos-anfibolíticos, foliados a masivos (Figura 5.7).

Estas unidades litotectónicas yacen discordantemente bajo estratos de la Formación Mesa y sedimentos Recientes.



Figura 5.7 Afloramiento de gneis granítico en lineamiento de la parte norte del área de estudio.

5.3.2 Formación Mesa

En afloramiento se distingue una secuencia sedimentaria conformada por las siguientes unidades litoestratigráficas, de tope a base: a) arenas limolíticas de color rojizo, b) areniscas conglomeráticas con cemento de hierro, c) arenas limolíticas de color rosado y d) limolita arcillosa de color blanco-grisáceo (Figura 5.8).

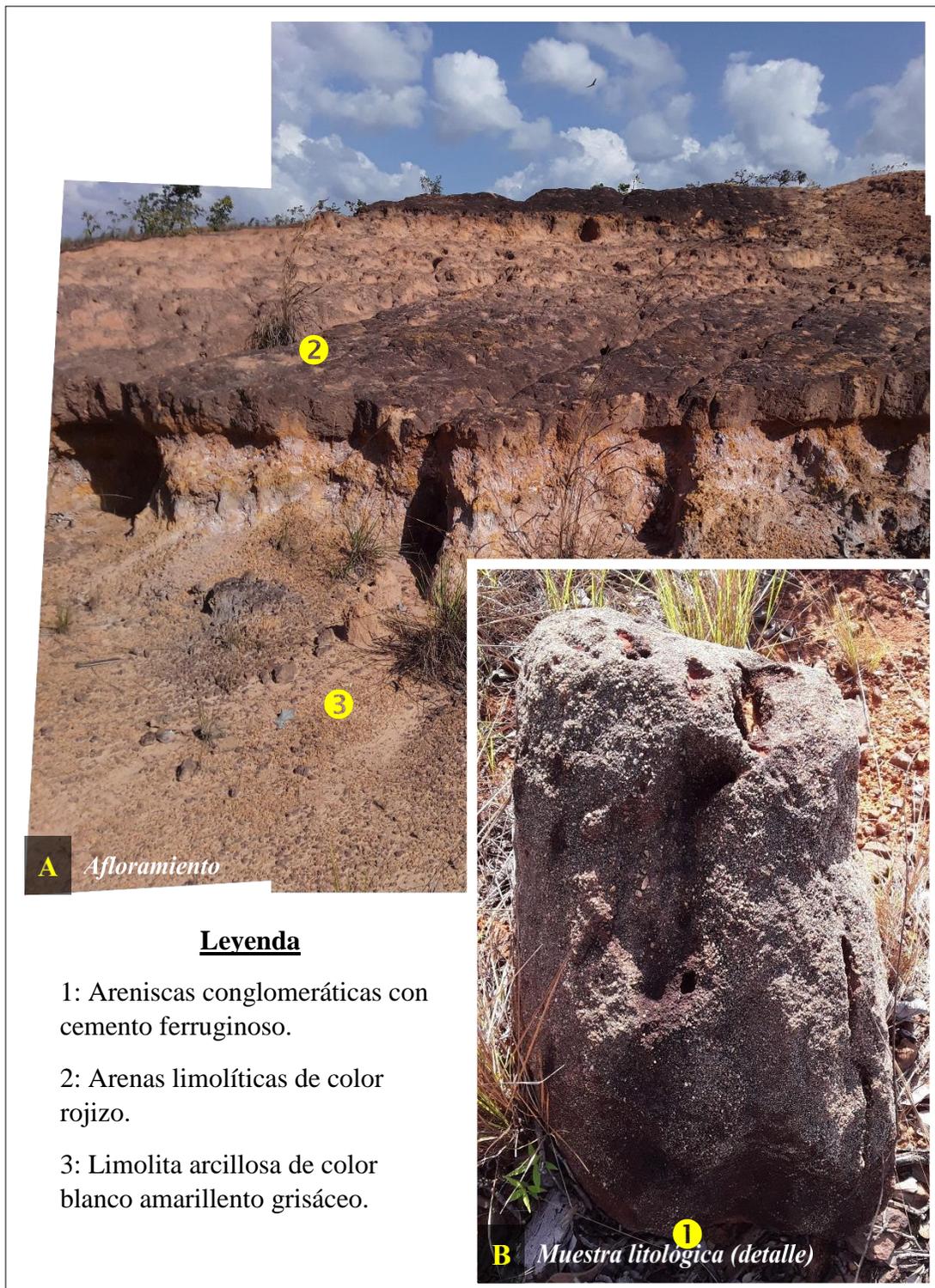


Figura 5.8 Capas superiores de la Formación Mesa aflorantes en el área de estudio.

5.3.2.1 Arenas limolíticas de color rojizo

Arenas limolíticas, bien estratificadas, de color rojizo debido a los óxidos de hierro, en capas que no superan el medio metro de espesor.

5.3.2.2 Areniscas conglomeráticas con cemento ferruginoso

Areniscas conglomeráticas, macizas, de grano medio a grueso, de color blanco-violáceo debido al cemento hematítico, en bloques dispersos.

5.3.2.3 Arenas limolíticas de color rosado

Arenas limolíticas, masivas, poco a nada consolidada, de color rosado.

5.3.2.4 Limolita arcillosa de color blanco-grisáceo

Limolita arcillosa, abigarrada, de color blanco-amarillento-grisáceo.

5.3.3 Sedimentos del Reciente

Se disponen como material aluvional –arcillas, limos, arenas y gravas de cuarzo– a lo largo de los diferentes cuerpos de agua que se encuentran en la zona.

5.4 Estructuras geológicas presentes en la zona

En el área de estudio se diferencian estructuras geológicas mayores y menores; sin embargo, en este trabajo se abordaron los rasgos de significancia tectónica. En la Figura 5.9 se presenta un resume del conjunto de mediciones realizadas en cada una de las áreas visitadas dentro de la zona de estudio.

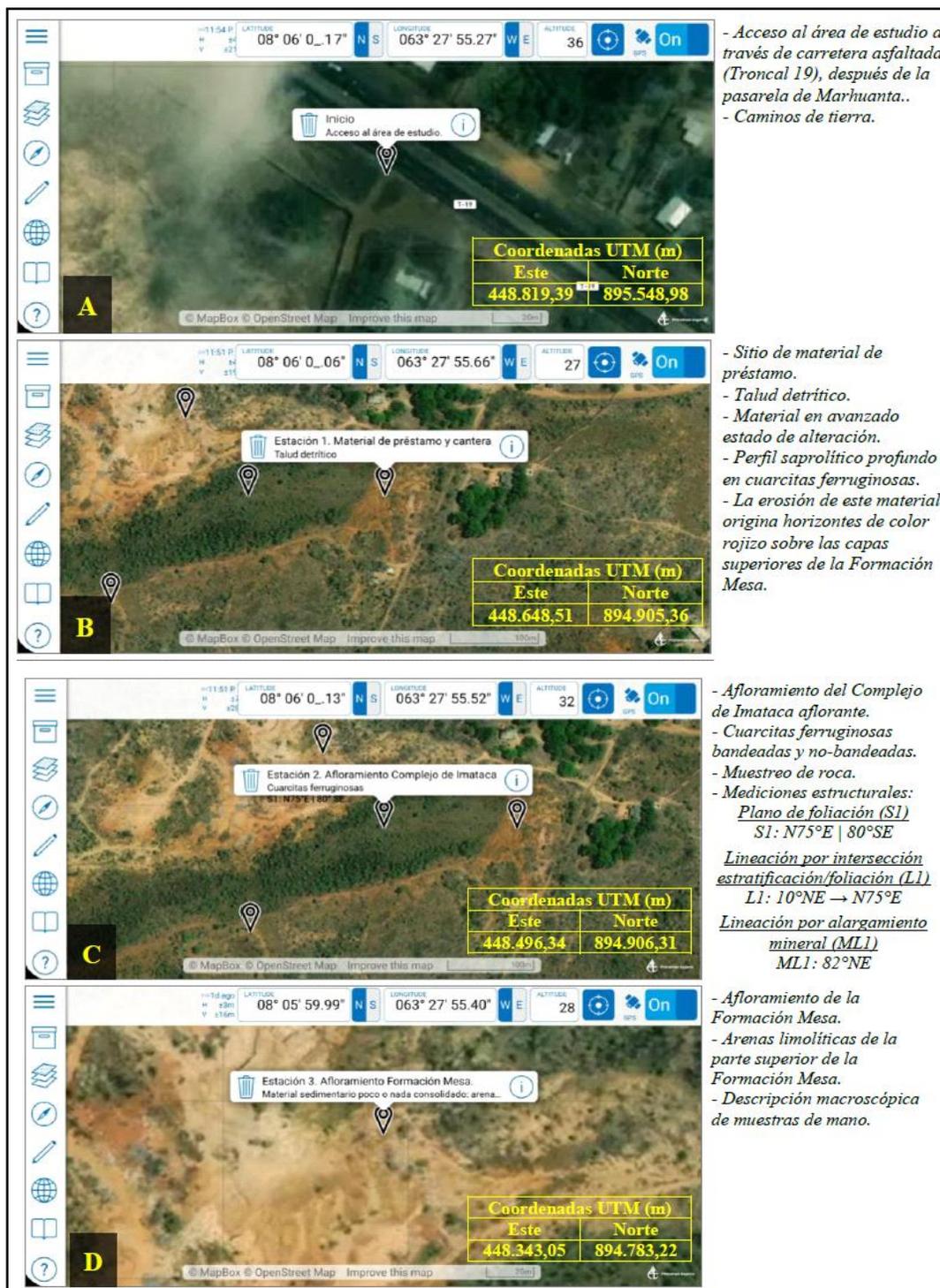


Figura 5.9 Resumen de las minutas levantada en campo.

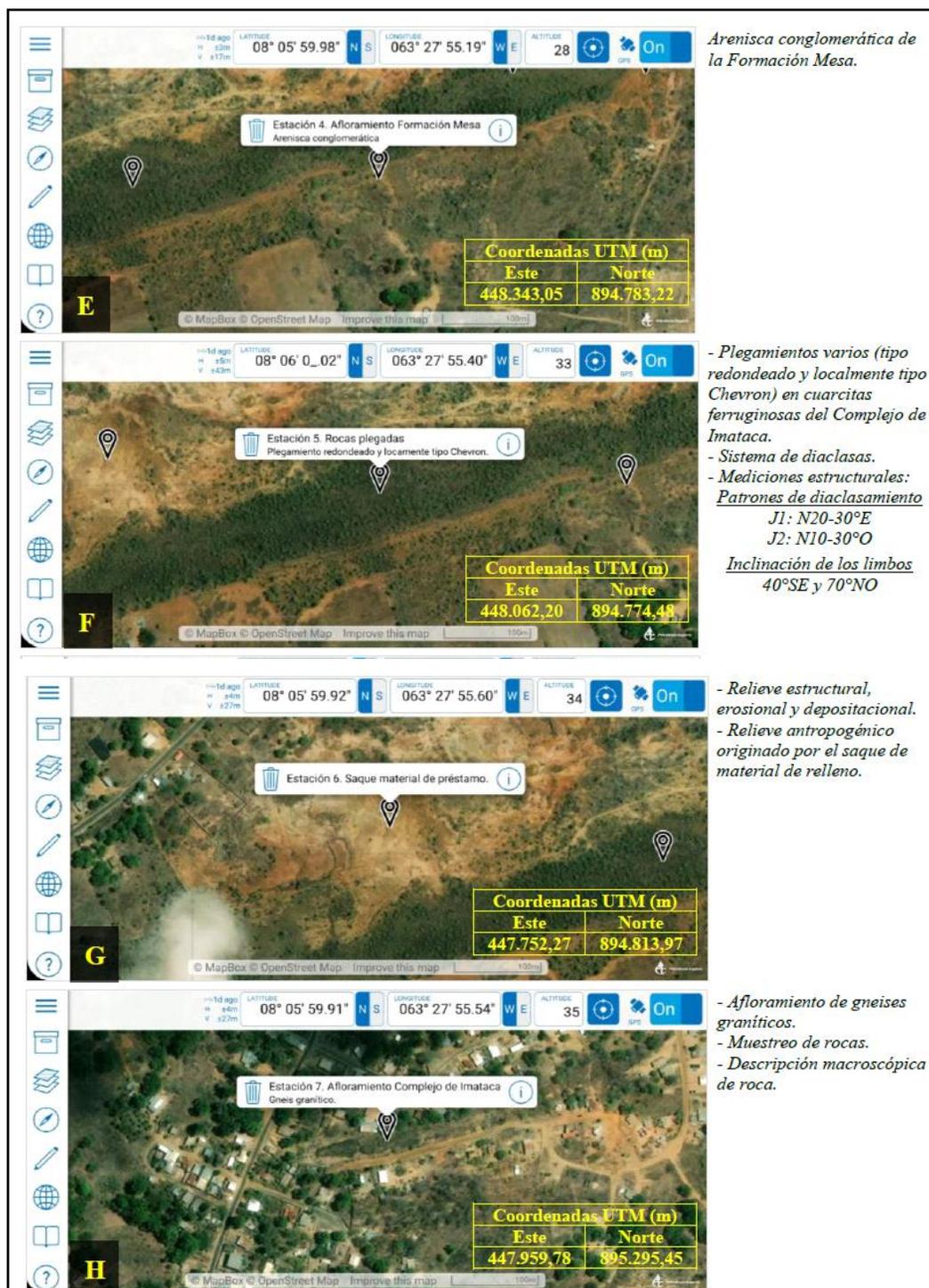


Figura 5.9 Continuación resumen de las minutas levantada en campo.

5.4.1 Lineamientos

En las imágenes satelitales se distinguen por el rasgo lineal y el cambio de tono y en la textura del terreno. Dado que la delineación de los lineamientos geológico-estructurales representa una tarea un tanto subjetiva, pues su definición puede diferir de un intérprete a otro, los señalados en este trabajo resultan ser los más evidentes.

Del mismo modo, la asignación del grado de los lineamientos aquí señalados, que depende de la claridad e intensidad con que estos se ven en la imagen, no da tregua a una discusión.

En la Figura 5.10c muestra la cara de un afloramiento en la que se distinguen como los planos axiales de foliación- S_1 se abren en forma de abanico.

Del mismo modo, la Figura 5.10b se observa la lineación- L_1 que se forma por intersección de los planos de estratificación- S_0 con los de clivaje- S_1 .

Mientras que en la Figura 5.10a apenas se aprecia una lineación por alargamiento mineral identificada como ML_1 . Tal como se explica en la Figura 3.5 según McClay K. (1987, p. 75).

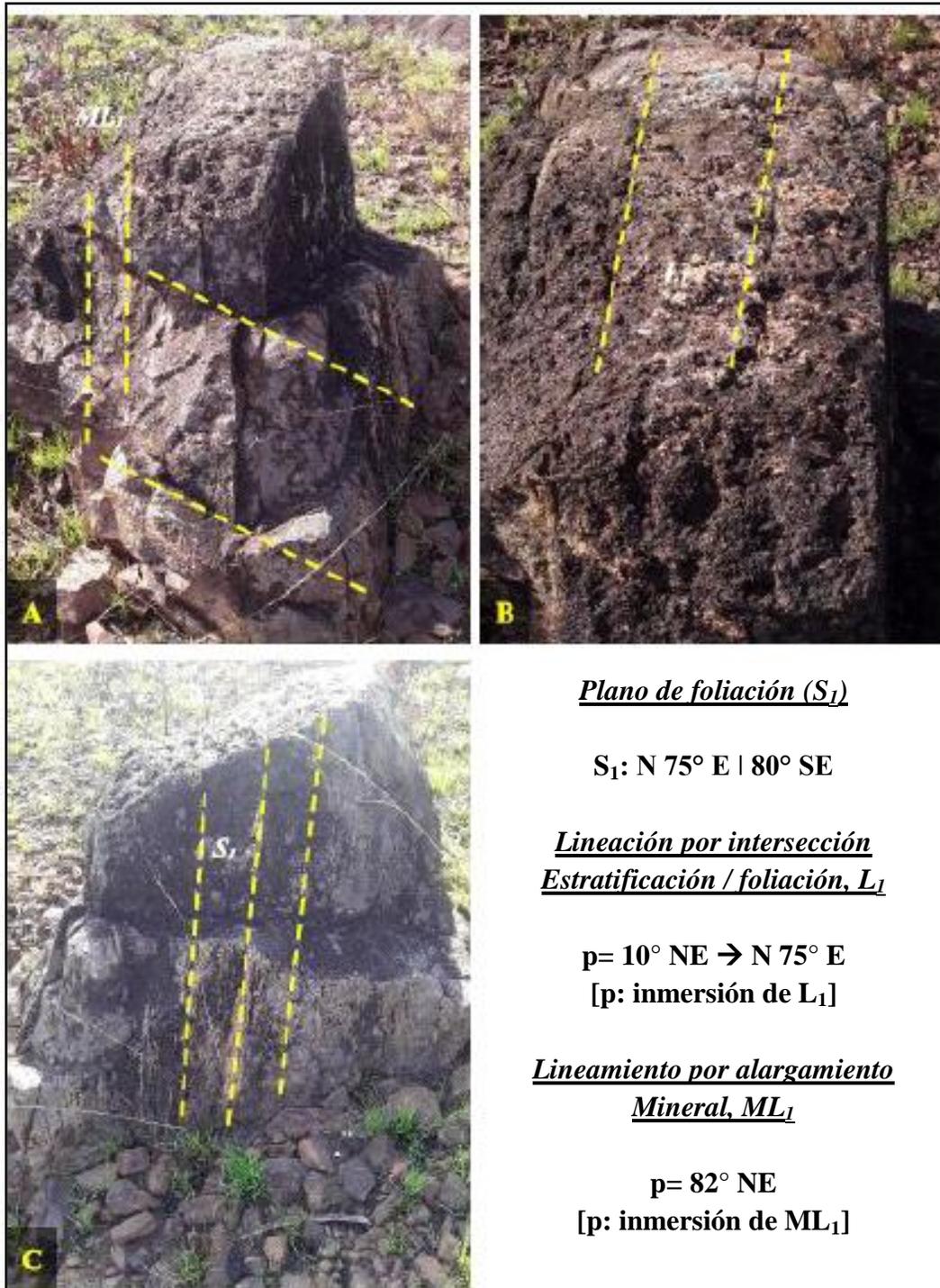


Figura 5.10 Abanicamiento del plano axial de foliación en afloramiento de cuarcita ferruginosa del Complejo de Imataca.

En tal sentido, el rasgo fisiográfico lineal objeto de estudio en este trabajo se clasificó como de primer orden; dado que: a) en la imagen tiene una expresión bien conspícua, b) sin lugar a duda puede ser dibujado por cualquier observador, c) tiene una expresión morfológica importante con longitud que supera los 2 km y d) corresponde a un rasgo de conocida significancia en la tectónica regional. Por tal motivo, se le denominó de manera informal como el lineamiento estructural de Villa Informativa.

5.4.2 Plegamientos

En campo, este lineamiento estructural es originado por la traza axial en superficie de un plegamiento antiformal que se extiende en dirección Oeste-Suroeste – Este-Noreste sobre el área de estudio (Figura 5.11).

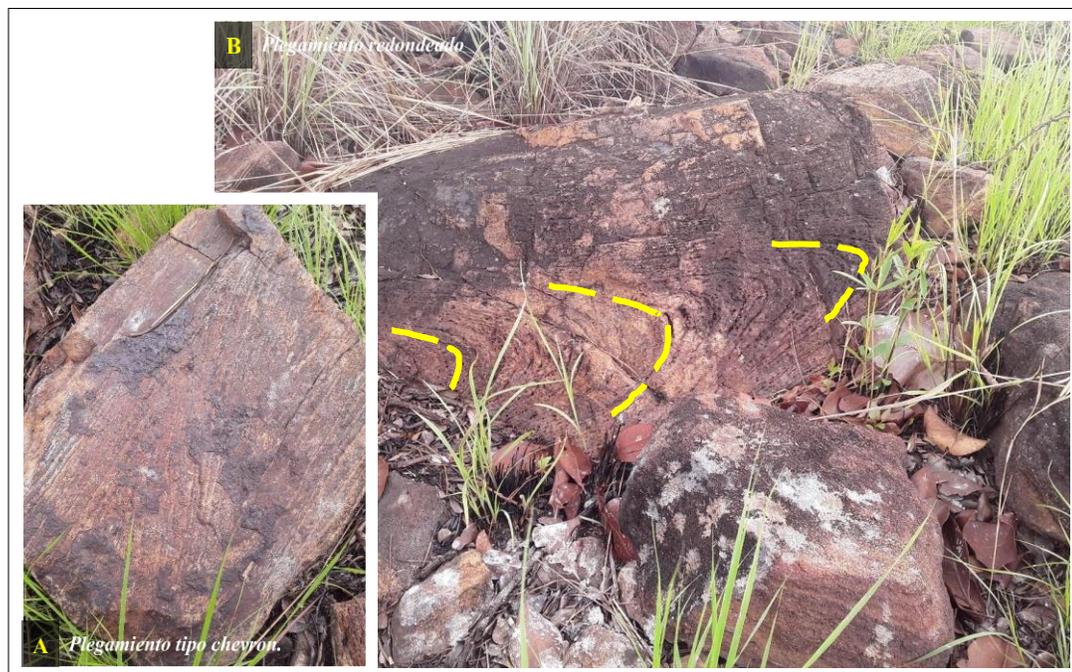


Figura 5.11 Plegamientos en formaciones bandeadas de hierro características del área de estudio.

En función de clasificar esta estructura entre los principales tipos de pliegues según la geometría del plano de estratificación, su posición espacial y la relación entre capas plegadas se realizaron diversas mediciones con brújula Brunton en campo.

A grandes rasgos se logró determinar las siguiente:

5.4.2.1 Según la línea generatriz, recta paralela o no paralela y no recta

El plegamiento de las cuarcitas ferruginosas, tal y como se observa en el sector de Villa Informativa, parecer ser del tipo cónico con tendencia a no-cilíndrico.

5.4.2.2 Según el ángulo interlimbo

En general el plegamiento es abierto (70° - 120°). Sin embargo, localmente se registraron mediciones que permiten clasificarlo como cerrado (70° - 30°) y hasta apretado (30° - 0°).

5.4.2.3 Según la curvatura

Se observa plegamiento redondeado y localmente con tendencia a ser tipo chevron.

5.4.2.4 Según el buzamiento del eje

En general, el plegamiento muestra lo que pudiera ser una pequeña inmersión del eje del pliegue (0° - 10°) a suave (10° - 30°).

5.4.2.5 Según la inclinación del plano axial

El plegamiento es fuerte (60° - 80°) con tendencia a moderado (30° - 60°).

5.4.2.6 Según la simetría de los flancos

La deformación por plegamiento es completamente asimétrica.

5.4.2.7 Según el espesor de las capas

Donde se pudo apreciar el bandeamiento de la cuarcita ferruginosa el plegamiento mostró ser similar.

5.4.2.8 Según el paralelismo entre capas

El plegamiento se clasifica como armónico con tendencia a ser disarmónico.

Es de hacer notar, que algunas de estas interpretaciones entran en el campo de lo especulativo ya que el registro de las mediciones en campo estuvo limitado y resulta bastante complejo llevar a cabo estudios detallados en formaciones geológicas tan antiguas debido a su historia tectónica. Sin embargo, el ejercicio como práctica de campo no dejó de ser bastante interesante.

5.4.3 Diaclasamiento

Las ampliaciones logradas con los programas a mayor escala que la de 1:50.000 permitieron distinguir pequeños rasgos que de otra manera pudiera pasar como desapercibidos. En general, la versatilidad que brinda Google Earth para acercar,

alejarse y rotar la imagen del terreno representó un elemento clave porque permitía, por ejemplo, cambiar el punto de vista de observación; poder consultar otras imágenes con correcciones de color; consultar mosaicos adquiridos en fechas, escalas y métodos de procesamiento digital distintos; entre otras.

Desafortunadamente, no se pudo contar con un levantamiento aerofotogramétrico a mayor escala como el que se puede alcanzar con un vehículo aéreo no tripulado-VANT –del inglés, *unmanned aerial vehicle*, UAV– o más apropiadamente con un sistema aéreo remotamente pilotado-SARP –del inglés, *remotely piloted aircraft system*, RPAS; comúnmente conocido como levantamiento con dron.

Se presume que con un levantamiento de este tipo el nivel de detalles sería muchísimo mayor, por lo que se pudieran obtener y destacar lineamientos de segundo y hasta de tercer orden, patrones de diaclasamiento más claros, entre otros rasgos geológicos. Cabe señalar que, a grandes rasgos, en el área se distinguen dos sistemas. Los sistemas son familias de diaclasas ortogonales o conjugadas de diaclasas, una con dirección SW-NE y otra con dirección SE-NW (Figura 5.12).

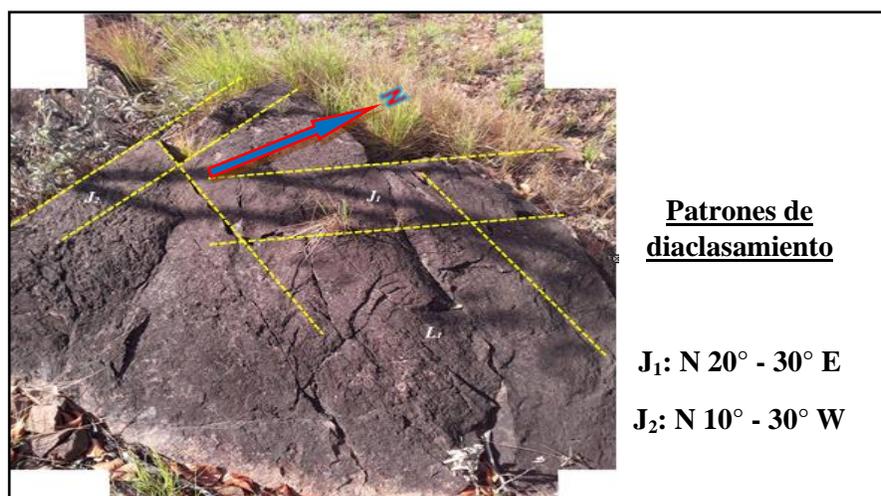


Figura 5.12 Sistema de familias de diaclasas principales -J_{1,2}

5.5 Mapa geológico-estructural del área de estudio representando las unidades litológicas aflorantes y las estructuras geológicas asociadas.

En el área de estudio se reconocen al menos tres tendencias estructurales bien marcadas por lineamientos de primero, segundo y tercer orden sobre rocas del Complejo de Imataca. Los últimos se encuentran subordinados transversalmente al primero (Figura 5.13).



Figura 5.13 Medición de la foliación en un afloramiento dentro del área de estudio.

5.5.1 Análisis de lineamientos dentro del área estudiada

Los lineamientos demarcados representan áreas más competentes de cuarcita ferruginosa y gneises graníticos.

5.5.1.1 Lineamientos de primer orden

Se manifiesta como un relieve fuertemente positivo sobre el área, estableciendo un dominio bien diferenciado dentro de la cuadrícula analizada.

Como se pueden observar a simple vista en las imágenes satelitales se les considera de escala macroscópica. Teniendo en cuenta que la traza en superficie de estos lineamientos la definen patrones lineales controlados tanto por la dirección de los planos de foliación como por el eje del plegamiento; los cuales se extienden en sentido Suroeste-Noreste.

El principal lineamiento de este tipo se ubica en el centro del mapa, se extiende por algo más de 2 km de longitud y coincide con la traza axial en superficie de un pliegue antiformal y de planos de foliación paralelos con dirección SW-NE.

5.5.1.2 Lineamiento de segundo y tercer orden

Tienen una expresión fisiográfica más tenue, por lo que solo se aprecian ampliando la imagen del terreno y/o en recorrido de campo. Cabe considerar por otra parte que difícilmente se aprecian en las imágenes de fotomosaico por lo que se les considera de escala mesoscópica.

Quedan definidos por los planos de los sistemas de diaclasamiento que atraviesan las rocas del área entre otras estructuras geológicas menores, por ejemplo, alargamiento mineral.

5.5.2 Contexto tectónico local y regional

El lineamiento de Villa Informativa, informal, representa el rasgo tectónico más resaltante que revelan las imágenes analizadas dentro del área de estudio (Figura 5.14).

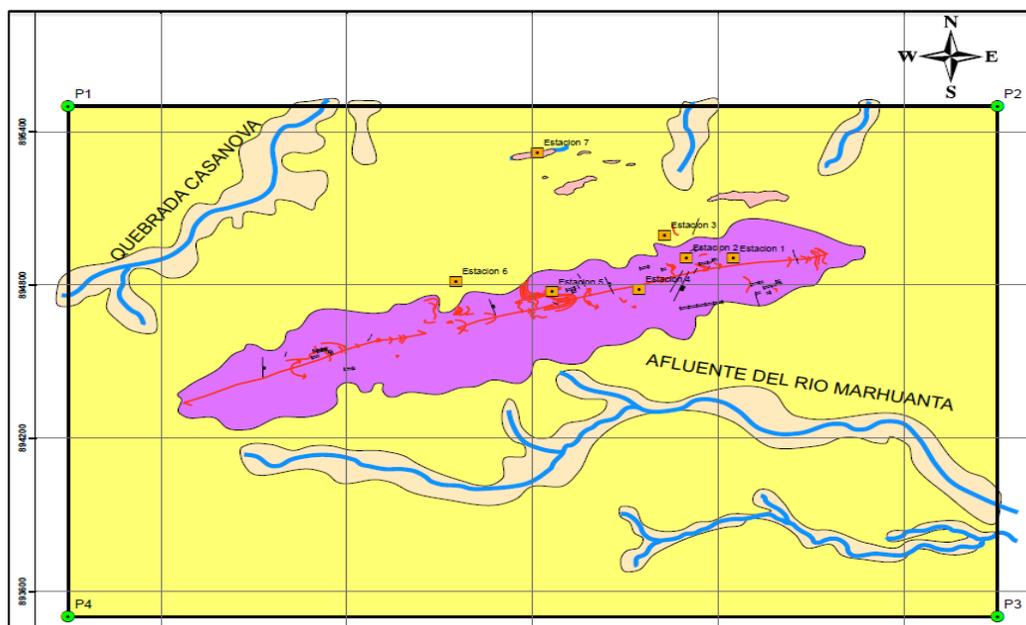


Figura 5.14 Superposición de los rasgos geológico-estructurales sobre el mosaico satelital del área de estudio.

Las mediciones realizadas en campo concuerdan con los patrones estructurales del Complejo de Imataca, con direcciones preferenciales que varían entre $N 60^{\circ}-70^{\circ} E$ y otras subordinadas, transversales al sentido anterior, en direcciones $N 20^{\circ} - 30^{\circ} E$ y $N 10^{\circ}-30^{\circ} W$.

Los lineamientos de primer orden se extienden por longitudes que van de centenas de metros, por ejemplo, lineamiento de 200 m en gneises graníticos de la parte norte, hasta kilómetros, por ejemplo, lineamiento de Villa Informativa con algo

más de 2.000 m de longitud. Debe señalarse, que en el área se registraron inmersiones entre 0° - 10° NE sobre las trazas de las lineaciones de primer orden.

5.5.3 Análisis del mapa geológico-estructural

La Figura 5.15 muestra el mapa geológico-estructural realizado para el área de estudio a escala 1:11.000. En éste se destacan los contactos geológicos y los rasgos estructurales más importantes.

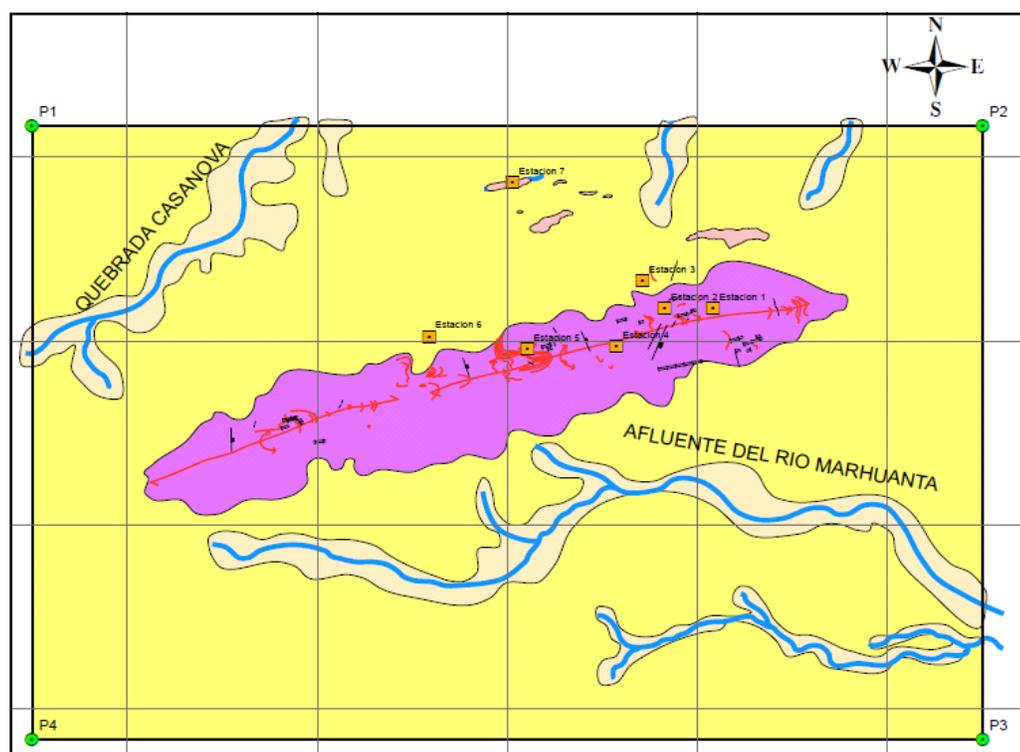


Figura 5.15 Mapa geológico-estructural del área de estudio.

En la figura antes mostrada se destacan en color rosado los afloramientos del Complejo de Imataca, en color amarillo la parte superior de la Formación Mesa y en pálido los sedimentos Recientes.

El rasgo geológico-estructural más resaltante lo constituye el lineamiento en la parte central del mapa; el cual coincide con la traza axial superficial de un plegamiento antiformal en dirección N 75° E, inmersión/buzamiento del eje del pliegue de 10° NE y vergencia/inclinación del plano axial de 75° NW aproximadamente.

En los flancos de esta gran estructura plegada se demarcaron algunas de las características lineales que se pudieron identificar tanto en las imágenes satelitales como en campo.

Los rasgos paralelos a la dirección del lineamiento principal corresponden a las trazas en superficie dejadas por el abanicamiento de los planos de foliación, mientras que los trazos oblicuos a esta lineación coinciden con planos de diaclasamiento.

5.6 Unidades geomorfológicas reconocidas en el área de estudio

En el área de estudio se reconocen tres grandes tipos de relieve: a) el estructural, b) el erosional o denudacional y c) el depositacional (Figura 5.16).

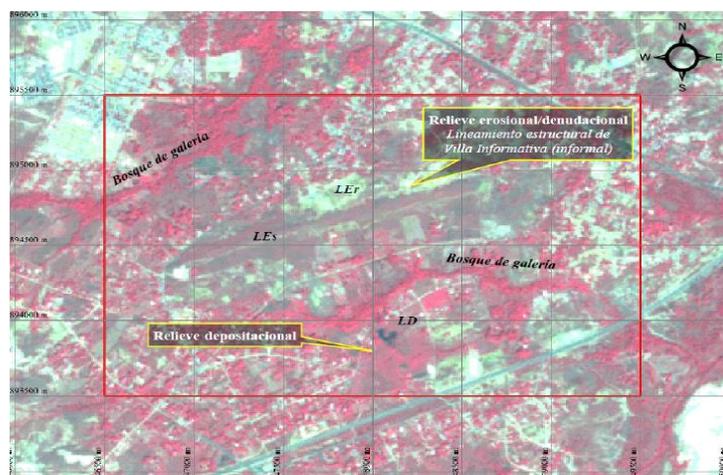


Figura 5.16 Rasgos geomorfológicos reconocidos en el área de estudio.

En general, el proceso morfogenético predominante es el escurrimiento difuso generalizado. El patrón de drenaje es dendrítico.

El lineamiento principal divide al área en dos vertientes: una al Noroeste y otra al Sureste. La vertiente noroccidental drena sus aguas hacia la quebrada Casanova, con pendientes del terreno mucho más suaves que no superan el 10%. La vertiente suroriental escurre hacia depresiones locales y afluentes del río Marhuanta, con inclinaciones del terreno que varían entre 10-30%.

Fisiográficamente, la vertiente Noroeste se encuentra estructuralmente más elevada y se encuentra dominada por lo que se infiere representa el contacto geológico entre las cuarcitas ferruginosas y los gneises graníticos que generan el eje antiformal de la principal estructura geológica expresada en el mapa. La vertiente Sureste se encuentra en un lado del terreno más deprimido debido quizá a la traza del eje sinforme.

Las características pedogenéticas del sector Suroriental le confieren al área usos diversos de sus suelos, tanto para la agricultura, ganadería y piscicultura. Incluso el aprovechamiento de material de préstamo con fines industriales y en la construcción.

El paisaje estudiado se clasificó según las geoformas propuesta por Zinck (2012). La Tabla 5.1 resume las unidades geomorfológicas reconocidas dentro del área de estudio.

Tabla 5.1 Unidades geomorfológicas reconocidas dentro del área de estudio.

Geoestructura	Paisaje	Ambiente morfogenético	Tipo de relieve	Forma del terreno	Material litológico	Símbolo	Área	
							Ha	%
Escudo de Guayana	Lomerío	Estructural	Antiforme excavado	Plegamientos. Diaclasamientos	Rocas metamórficas (cuarcita ferruginosa y gneises graníticos) del Complejo de Imataca.	LEs	1,80	30
		Erosional	Loma	Talud detrítico. Antropogénico (cantera, material de préstamo).	Rocas sedimentarias (areniscas limolíticas poco a no-consolidadas) de la Formación Mesa y metamórficas (cuarcita ferruginosa) del Complejo de Imataca.	LEr	3,60	60
		Depositacional	Glacis	Lacustrina. Coluviales. Aluvionales. Bosques de galería.	Material coluvio-aluvional del Reciente. Localmente depósitos lacustres.	LD	0,60	10

De acuerdo a las unidades geomorfológicas reconocidas dentro del área de estudio, señalas en la tabla anterior se muestran algunos de estos relieves (Figura 5.17 hasta la Figura 5.20).



Figura 5.17 Relieve estructural en cuarcita ferruginosa del Complejo de Imataca.



Figura 5.18 Talud detrítico conformado por elementos líticos de cuarcita ferruginosa.



Figura 5.19 Glacis coluvial sobre capas superiores de la Formación Mesa.

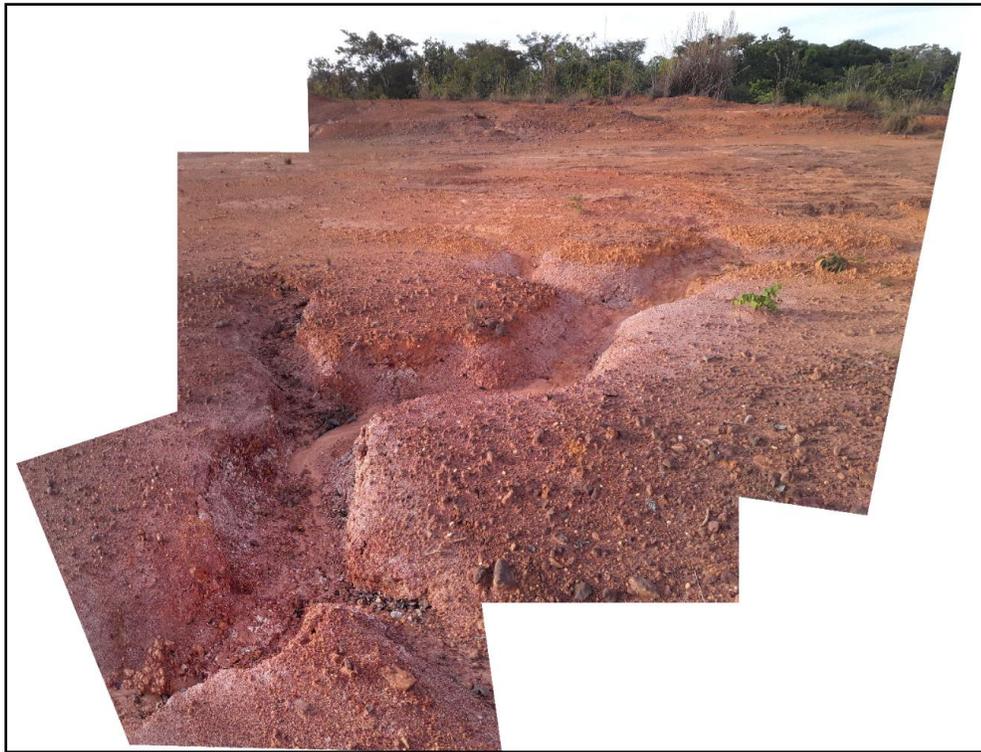


Figura 5.20 Relieve erosivo sobre materiales poco consolidados de la Formación Mesa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El rasgo fisiográfico que se aprecia como un lineamiento geológico-estructural en el área de estudio corresponde a la traza axial en superficie de un plegamiento antiforme con dirección WSW-ENE, al que informalmente se le denominó lineamiento de Villa Informativa. La unidad guarda relación litotectónica con los dominios predominantes registrados en rocas del Complejo de Imataca; es decir, se extiende paralelo a la Falla de Guri.

2. La estructura geológica estudiada cubre un área aproximada de 6 km², localizada sobre la divisoria de aguas de la quebrada Casanova y el río Marhuanta, en el sector 24 de Julio de Ciudad Bolívar. Cabe resaltar que el lineamiento se extiende a lo largo de unos 2 km de longitud, con alturas mínima de 35 msnmm y máxima de 85 msnmm y pendientes del terreno que no superan 30%.

3. En el área de estudio se reconocen claramente tres unidades litoestratigráficas: el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los sedimentos Recientes.

4. El Complejo de Imataca aflora como cuarcitas ferruginosas y gneises graníticos, con diferentes niveles de alteración. Macroscópicamente, las cuarcitas ferruginosas se muestran bandeadas de grano fino a medio, color gris oscuro, relativamente magnéticas y nobandeadas masivas, hematíticas y magnetíticas. En cuanto a los gneises graníticos son de composición cuarzo-feldespáticos-biotíticos-anfibolíticos, foliados a Masivos; en ocasiones aparecen intercalados con las cuarcitas ferruginosas pero su contacto es difícil de apreciar en campo.

5. La Formación Mesa suprayace discordantemente la unidad anterior; con arenas limolíticas de colores varios de arriba abajo, rojizo, morado, rosado, poco consolidadas a consolidadas por cemento ferruginoso, espesores que no superan el medio metro; y limolitas arcillosas abigarradas, de colores blanco amarillento grisáceo. En cuanto a los sedimentos Recientes son materiales aluvionales arcillas, limos, arenas y gravas de cuarzo encontrados en ríos y lagunas de la zona.

6. En el área de estudio se diferencian estructuras geológicas mayores y menores de significancia tectónica, tales como: lineamientos, plegamientos y diaclasamientos.

7. El lineamiento principal, L_1 , tiene una expresión topográfica bien conspicua, en dirección de la foliación (N 60-70° E) superimpuesta sobre cuarcitas ferruginosas y gneises graníticos del Complejo de Imataca. En cuanto a los diaclasamiento predominante, J_1 y J_2 , se presenta como un gran sistema con componentes principales en dirección SW-NE y SE-NW.

8. El plegamiento se sucede sobre las cuarcitas ferruginosas del Complejo de Imataca, formando una estructura antiforme de pliegues abiertos ($\angle_{\text{interlimbo}} \approx 70^\circ - 120^\circ$), redondeados, localmente apretados y tipo chevron, inmersión del eje del pliegue ($0^\circ - 10^\circ$), fuerte inclinación del plano axial ($60^\circ - 80^\circ$), con flancos asimétricos, similar espesor del bandeamiento y paralelismo entre capas con tendencia a ser disarmónicos.

9. En el área de estudio se reconocen al menos tres tendencias estructurales bien marcadas por lineamientos de primero, segundo y tercer orden sobre rocas del Complejo de Imataca. Los lineamientos representan áreas más competentes de cuarcita ferruginosa y gneises graníticos. Los flancos de lineamiento de primer

orden se registran las trazas del abanicamiento de los planos de foliación y de los planos de sistema de diaclasamiento en el área.

10. El lineamiento de Villa Informativa –informal– representa el rasgo tectónico más resaltante dentro del área de estudio. Representa la traza axial en superficie de un antifirme con dirección N 75° E, inmersión de 10° NE, vergencia de 75° NW y limbos que buzcan con sentido 40° SE y 70° NW aproximadamente.

11. Geomorfológicamente en el área investigada se reconoce un tipo de relieve mixto: estructural, erosional y depositacional; con el escurrimiento difuso generalizado como principal agente de modelado terrestre.

12. El lineamiento de Villa Informativa (informal) divide al área en dos vertientes: una al Noroeste, que drena hacia la quebrada Casanova, y otra al Sureste, que escurre hacia el río Marhuanta. Las pendientes generalizadas no superan el 30%. Fisiográficamente el área se ubica dentro de un relieve de loma (≈60% del área) conformado por una estructura antifirme (≈30% del área) con depósitos coluvio-aluvionales (≈10% del área).

Recomendaciones

1. Realizar un levantamiento aerofotogramétrico con dron, con la finalidad de apreciar mejor los detalles a mayor escala.
2. Conducir un levantamiento geológico-estructural más detallado sobre el área, con la finalidad de determinar con precisión el eje del pliegue mediante el uso de la falsilla de Schmidt.
3. Delimitar las zonas de contacto geológico entre las cuarcitas ferruginosas y los gneises graníticos.
4. Profundizar en el estudio de las estructuras geológicas menores, por ejemplo, alineamiento de minerales, otros porque existe la posibilidad de que el lineamiento de Villa Informativa (informal) se deba al alineamiento paralelo de elementos tectónicos, tales como ejes de pliegues menores.

REFERENCIAS

Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela. pp 146.

Ballestrini, M. (2006). **CÓMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Caracas: BL Consultores y asociados.

Bejar. (s/f). **MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (ESCALA 1:50.000) | Informe sobre teledetección de la Hoja N° 553 (13-22)**.

Cabrera, A., y Silva, W. (1995). **GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamentos de Geología y de Geotecnia. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inérito].

Cabrera, J., y Hurtado, O. (2008). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA E HIDROLÓGICA DEL RÍO SAN RAFAEL CON FINES DE ORDENAMIENTO Y CONSERVACIÓN. MUNICIPIO HERES. CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geotecnia. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado (inérito).

Castro R., J. C., y Bruce L., Y. M. (2008). **ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LOS RÍOS MARHUANTA Y CANDELARIA EN LAS ÉPOCAS DE LLUVIA Y SEQUÍA DURANTE LOS AÑOS 2.003-2.006. CIUDAD BOLÍVAR-MUNICIPIO AUTÓNOMO HERES-ESTADO BOLÍVAR** [Documento electrónico]. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología y Departamento de Geotecnia. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inérito].

Chávez, N. (1994). **INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN** (1era. ed.). Maracaibo.

CVG Técnica Minera C.A. (1991). **PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA REGIÓN GUAYANA (PIRNRG). INFORME DE AVANCE NC-20-14 Y NB-20-2: CLIMA,**

GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS, VEGETACIÓN (VOLS. I, II Y III-MAPAS). Ciudad Bolívar, Bolívar, Venezuela: CVG Gerencia de Proyectos Especiales.

Davis, G. H., Reynolds, S. J., y Kluth, C. (2012). **STRUCTURAL GEOLOGY OF ROCKS AND REGIONS.** Wiley.

Echeverría, M., y Velásquez, C. (2007). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA AMBIENTAL DEL RÍO MARHUANTA, EN ÉPOCA DE SEQUÍA-LLUVIA AÑO 2004. MUNICIPIO HERES. CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR** [Documento electrónico]. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inédito].

Ferla, C., y Martínez, E. (2007). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-AMBIENTAL DEL RÍO SAN RAFAEL EN ÉPOCA DE SEQUÍA Y LLUVIA AÑO 2007. MUNICIPIO HERES. CIUDAD BOLÍVAR-EDO. BOLÍVAR.** Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geotecnia. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado (inédito).

Flores, N., y Calzadilla, N. (2004). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MANACAL, MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado (inédito).

Fossen, H. (2019). **STRUCTURAL GEOLOGY.** Cambridge University Press.

Geoview, (2014) **QUEBRADA CASANOVA.** [en línea]. Recuperado el 18 de noviembre de 2021: https://ve.geoview.info/quebra_casanova,3807521

González de Juana, C., Iturralde, J. y Picard, X. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas. pp 69-72.

Griem, W. (22 de marzo de 2020). **LINEACIONES** [en línea]. Recuperado el 15 de octubre de 2021, de Apuntes de Geología Estructural: <https://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestr03.html#Intro>

Grinet J., T. V., y Rodil D., R. R. (2004). **HIDROLOGÍA URBANA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MARHUANTA, MUNICIPIO HERES DE CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR** [Documento electrónico].

Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Ingeniería Geológica. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inédito].

Herrera, J., y Guevara, H. (2005). **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO DEL RÍO MARHUANTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS DE ARENA DE MINA DEL FUNDO LOS MEJÍAS, SECTOR BOCA DE MARHUANTA, MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR** [Documento electrónico]. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inédito].

Hobbs, B. E., y Ord, A. (2014). **STRUCTURAL GEOLOGY: THE MECHANICS OF DEFORMING METAMORPHIC ROCKS**. Amsterdam: Elsevier.

Huggett, R. J. (2017). **FUNDAMENTALS OF GEOMORPHOLOGY** (4ta. ed.). Reino Unido: Routledge, p. 154.

Hurtado, J. (2000). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN HOLÍSTICA**. Caracas, Venezuela: Sypal.

Jiménez B., I. J. (2012). **VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y VULNERABILIDAD SOCIAL ANTE RIESGOS DE INUNDACIÓN DE LAS COMUNIDADES UBICADAS AL MARGEN DE LA CUENCA DEL RÍO SAN RAFAEL EN CIUDAD BOLÍVAR - ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Coordinación de Postgrado en Recursos Naturales. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo Especial de Grado (inédito).

Macabril G., M. E., y Serrano B., A. M. (2010). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA ALTA A MEDIA DEL RÍO SAN RAFAEL, CON FINES DE ORDENAMIENTO URBANÍSTICO Y MEJORAS. MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamentos de Geología y Geotecnia. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado (inédito).

Magdaleno, O. T. (2001). **DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO SAN RAFAEL. CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geotecnia. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado (inédito).

McClay, K. R. (1987). **THE MAPPING OF GEOLOGICAL STRUCTURES** [Documento electrónico] (1era. ed.). Londres, Inglaterra: John Wiley y Sons, pp. 74-83.

Mendoza S., V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente (Bolívar)/Escuela de Ciencias de la Tierra-Minera Hecla Venezolana C.A., pp. 49-96.

Ministerio de Ambiente de Colombia. (2017). **FASE DE DIAGNÓSTICO | 3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO BIÓTICO | 3.9 GEOMORFOLOGÍA (ZINCK)**. Bogotá.

Ministerio de Obras Públicas, MOP. (1971). **INFORME HIDROLÓGICO PRELIMINAR DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL Y BUENA VISTA, DEL ESTADO BOLÍVAR**. Dirección General de Recursos Hidráulicos, Departamento de Información Básica, División de Hidrología, Sedimentología. Caracas: Informe preliminar (inédito), pp. 1-20.

Mukherjee, S. (2019). **TEACHING METHODOLOGIES IN STRUCTURAL GEOLOGY AND TECTONICS**. Singapore: Springer.

Murillo, N. (2005). **MAPA GEOLÓGICO DE LA HOJA 7540: MARHUANTA (ESCALA 1:100.000)** [Documento electrónico]. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inédito].

Oxford University Press. (2013). **LINEATION**. En M. Allaby, y A. Allaby (Edits.), *Dictionary of Geology and Earth Sciences* (4ta. ed.).

Parella S. y Martins.F. (2006). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA**. Caracas; Venezuela: FEDUPEL, 2006.

PDVSA Intevep S.A. (1997). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO ELECTRÓNICO DE VENEZUELA** [CD]. (septiembre de 2000). (Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclatura, Ed.) Los Teques, Miranda, Venezuela.

Ragan, D. M. (2009). **STRUCTURAL GEOLOGY: AN INTRODUCTION TO GEOMETRICAL TECHNIQUES** (4ta. ed.). Cambridge.

Sabino, C. (1992). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Caracas, Venezuela: Panapo.

Sambrano, J. (1974). **ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LAS MIGMATITAS DE CIUDAD BOLÍVAR Y SUS ALREDEDORES (CANDELARIA, MARHUANTA Y PUNTA CHACÓN)** [Documento electrónico]. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Geología y Minas, Departamento de Geología. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inédito].

Servidor Alicante. (2019). **LINEAMIENTO (FISIOGRAFÍA) (ALINEACIÓN)** [en línea]. (S. Alicante, Ed.) Recuperado el 20 de agosto de 2021, de Geología: <https://glosarios.servidor-alicante.com/geologia/lineamiento-fisiografia-alineacion>

Solís Hernández, I. A. (2003). **EL ANÁLISIS DOCUMENTAL COMO ESLABÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN Y LOS SERVICIOS**. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos14/analisisdocum/analisisdocum.shtml>

Teixeira, W., Tassinari, C. C., y Mondin, M. (2002). **CARACTERÍSTICAS ISOTÓPICAS (ND E SR) DO PLUTONISMO INTRUSIVO NO EXTREMO NW DO CRÁTON AMAZÔNICO, VENEZUELA, E IMPLICAÇÕES PARA A EVOLUÇÃO PALEOPROTEROZOICA**. Geologia USP [Série científica], 2(1), 131-141.

Trias V., G. J., y Rodil D., R. R. (2004). **HIDROLOGÍA URBANA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MARHUANTA, MUNICIPIO HERES DE CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR** [Documento electrónico]. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Ingeniería Geológica. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inédito].

Twiss, R. J., y Moores, E. M. (2006). **STRUCTURAL GEOLOGY**. W. H. Freeman.

U.S. Geological Survey, USGS. (2006). **MAPA GEOLÓGICO DE VENEZUELA A ESCALA 1:750.000**. (P. Hackley, F. Urbani, A. Karlsen, y C. Garrity, Edits.) Recuperado el 5 de noviembre de 2011, de <http://pubs.usgs.gov/of/2006/1109/>

Wilson, G. (1978). **SIGNIFICADO TECTÓNICO DE LAS ESTRUCTURAS MENORES Y SU IMPORTANCIA PARA EL GEÓLOGO EN EL CAMPO**. Barcelona, España: Omega.

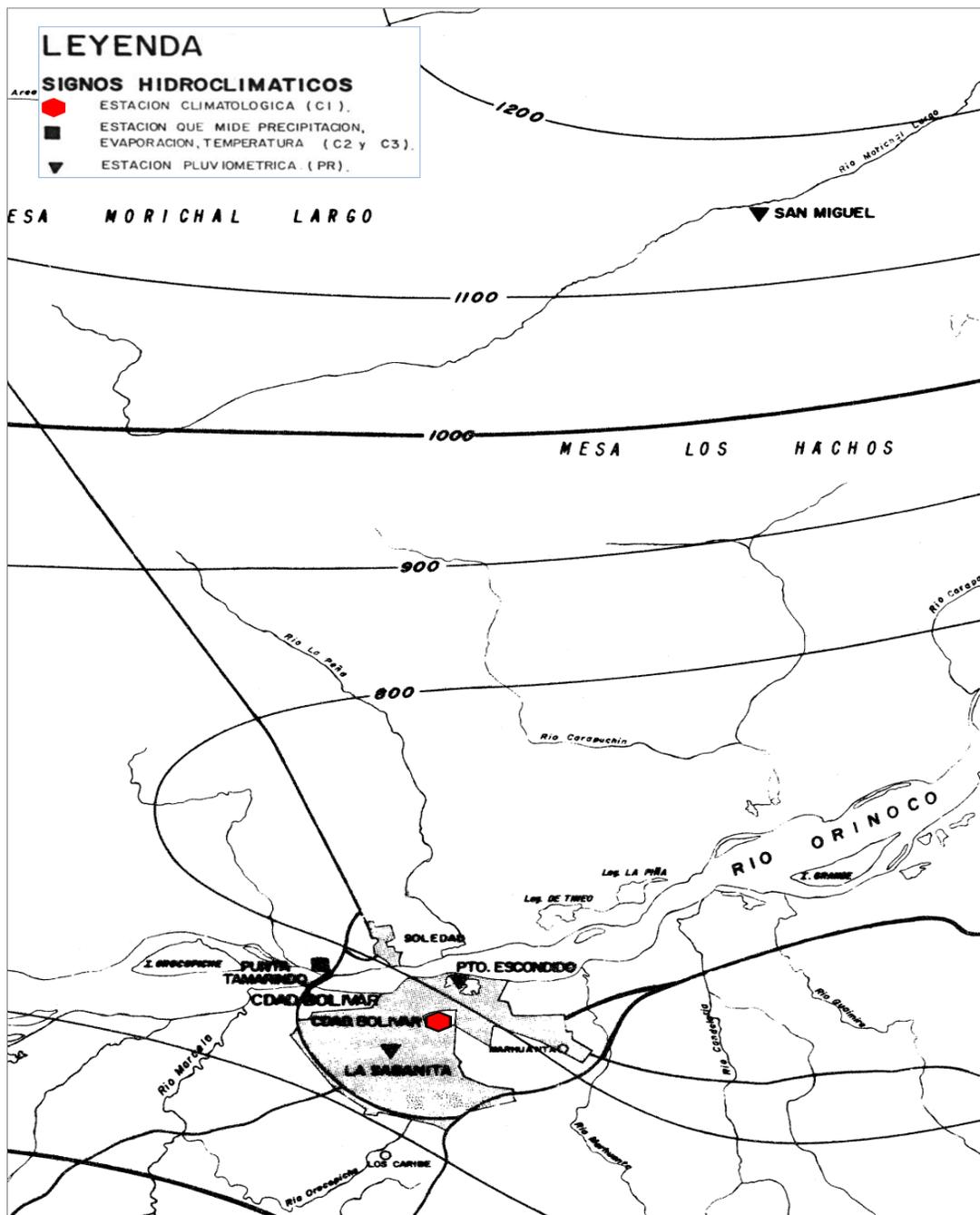
Yánez, G. (julio de 1986). **GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA ENTRE CIUDAD BOLÍVAR Y CIUDAD GUAYANA** [Documento]. Geominas(15).

Yánez, G. A. (1971). **MAPA GEOMORFOLÓGICO ENTRE CIUDAD BOLÍVAR Y CIUDAD GUAYANA | ESCALA 1:50.000** [Documento]. Universidad de Oriente (Bolívar), Ciudad Bolívar.

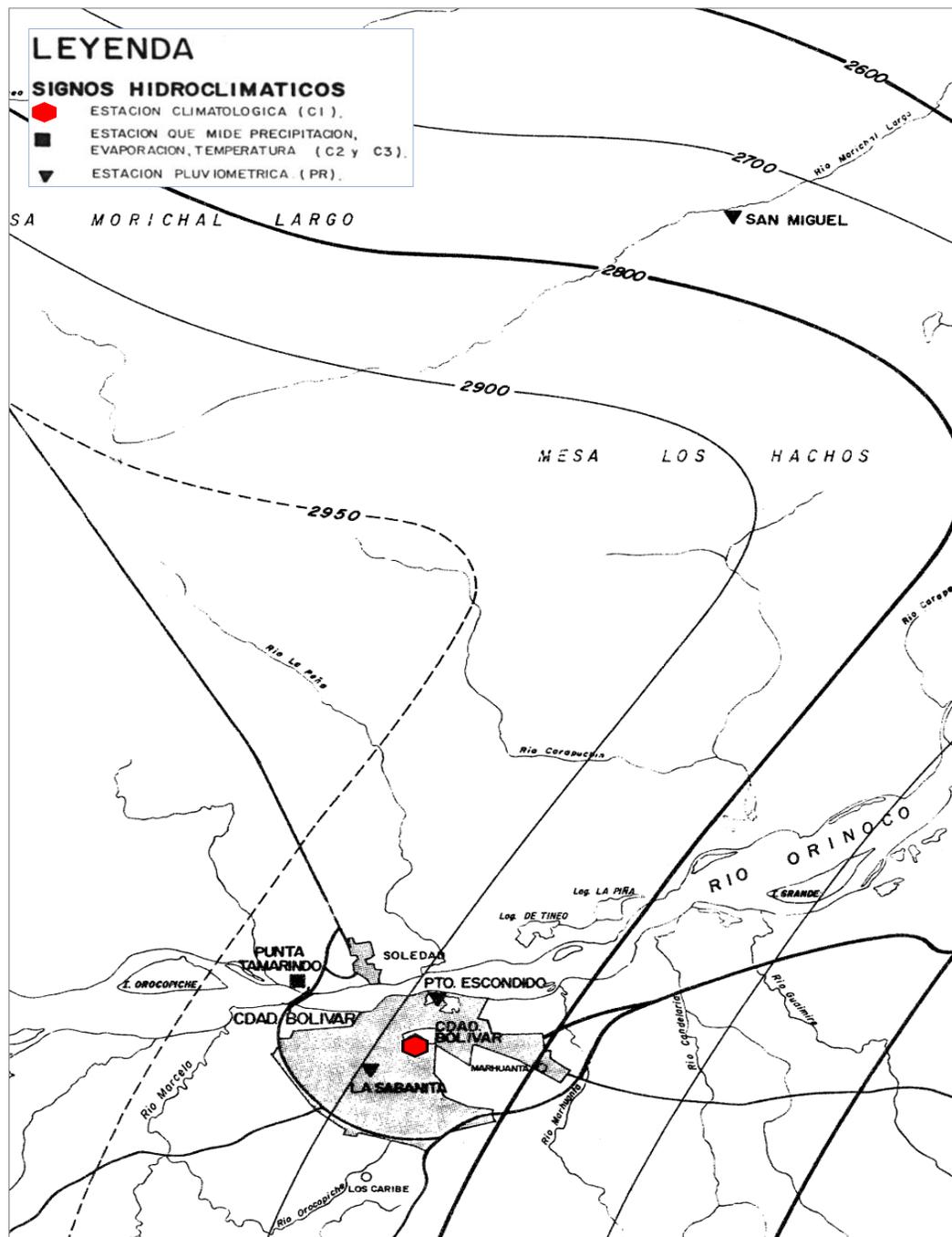
Zinck, J. A. (2012). **GEOPEDOLOGÍA: ELEMENTOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA ESTUDIOS DE SUELOS Y DE RIESGOS NATURALES** [Documento electrónico]. Países Bajos: ITC Special Lecture Notes Series.

APÉNDICES

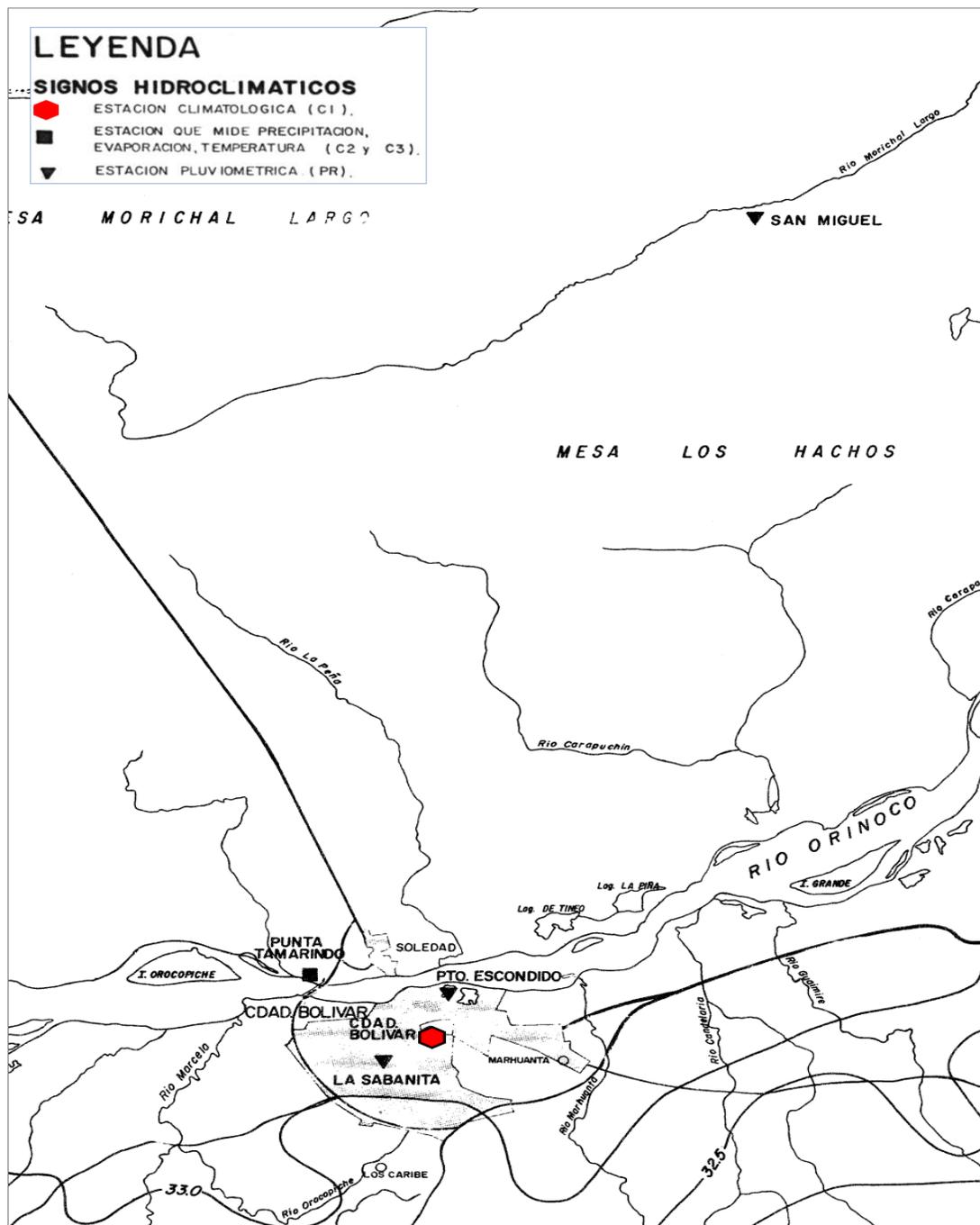
APÉNDICE A
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CLIMA



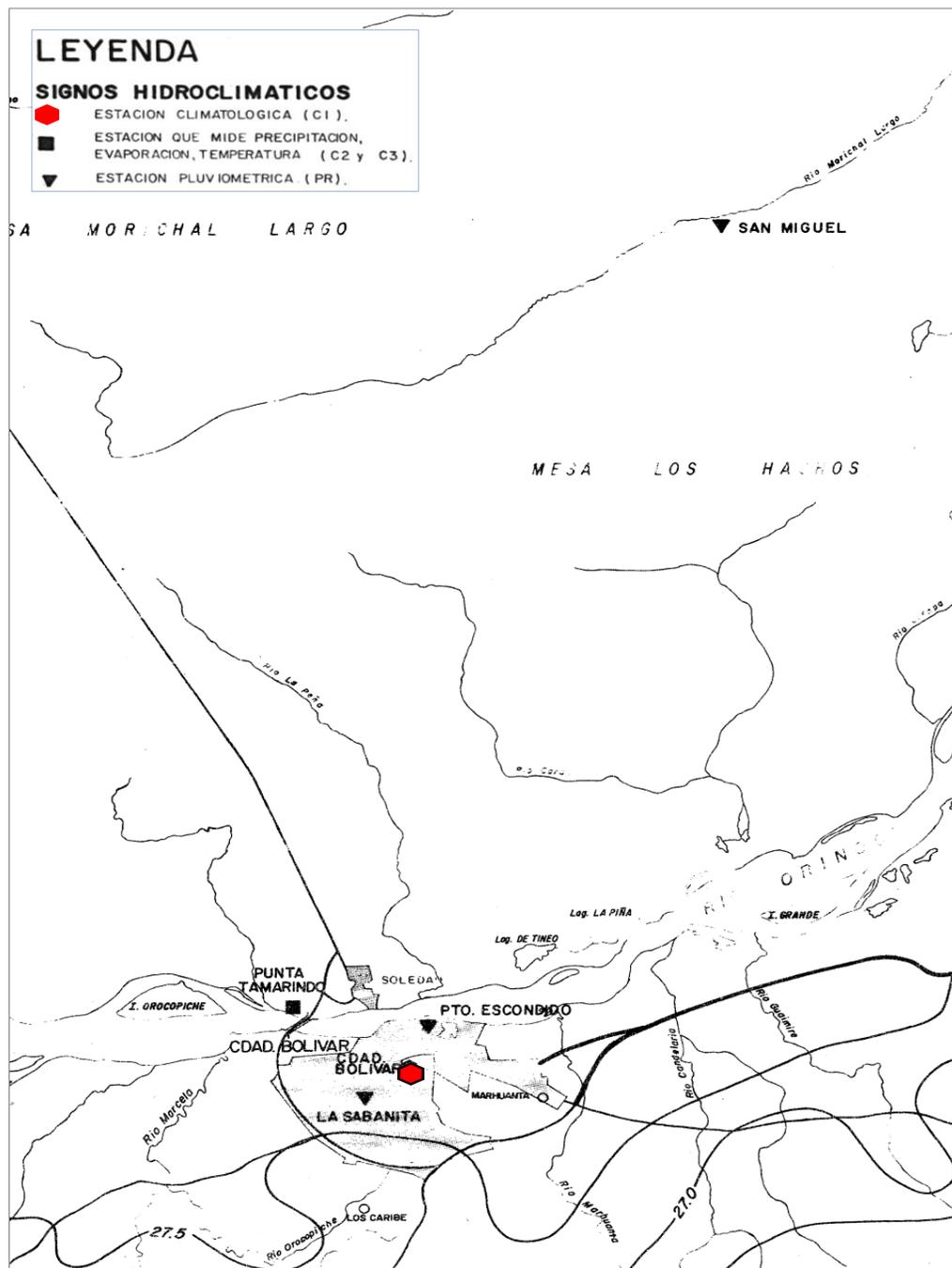
Apéndice A.1. Distribución espacial de la precipitación media total anual isoyetas en mm durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).



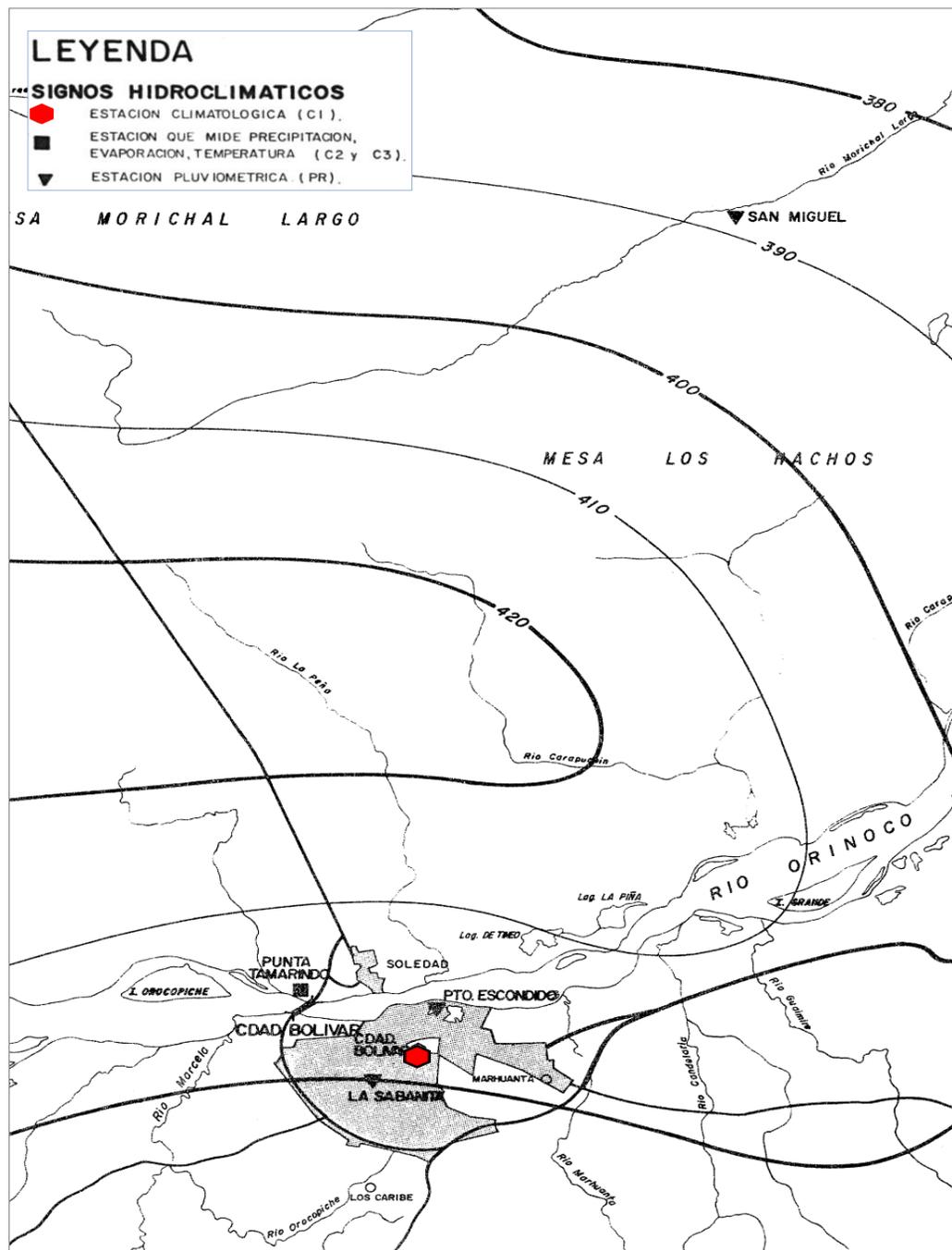
Apéndice A.2. Distribución espacial de la evaporación media total anual tanque tipo "A"; isóneas en mm durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).



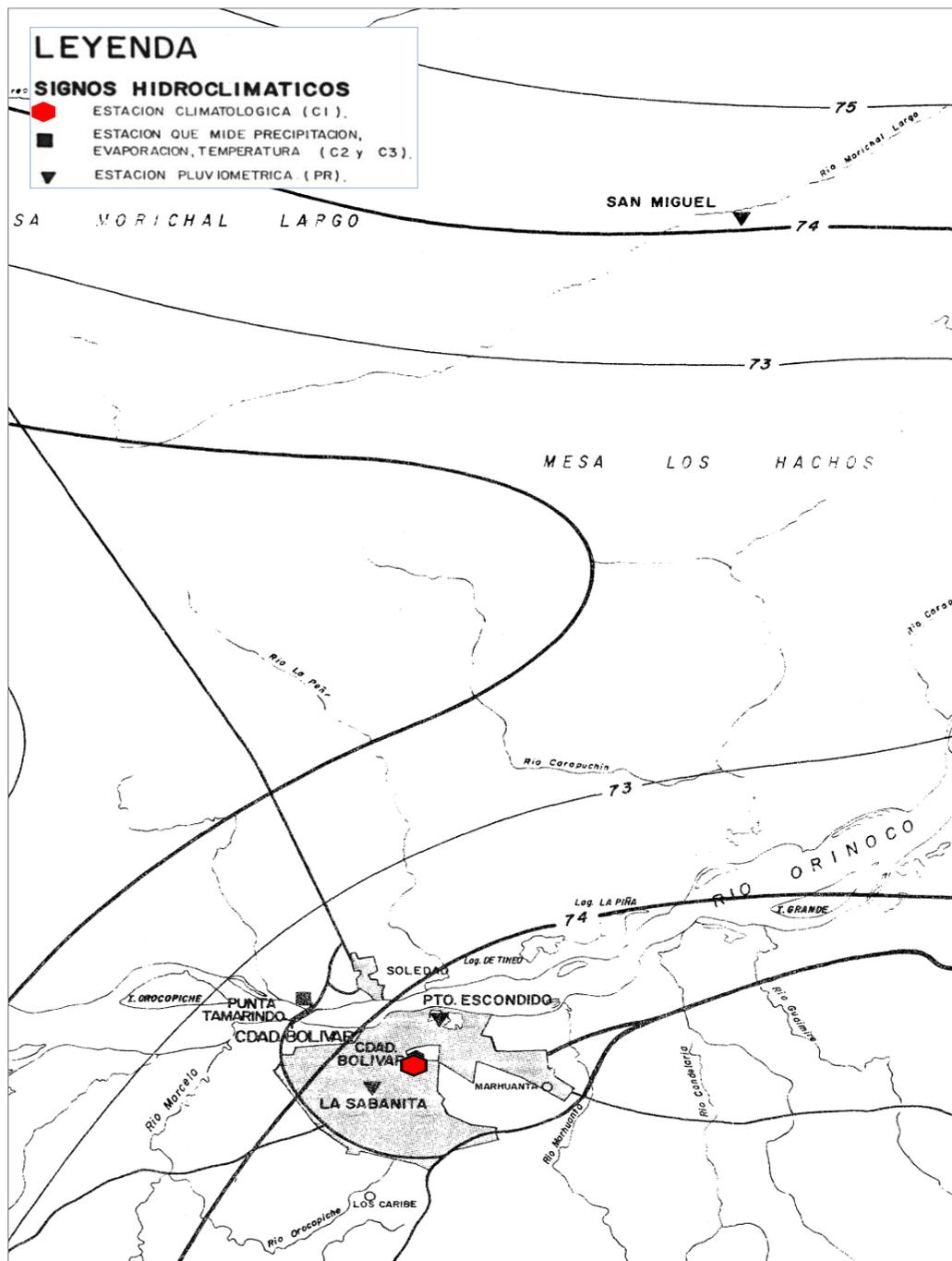
Apéndice A.3. Distribución espacial de la temperatura máxima anual del aire isotermas en °C durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).



Apéndice A.4. Distribución espacial de la temperatura media anual del aire isothermas en °C durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).



Apéndice A.6. Distribución espacial de la radiación solar directa y difusa media anual en $\text{Cal}/\text{cm}^2.\text{día}$ durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).



Apéndice A.8 Distribución espacial de la humedad relativa media anual en % durante el período climático 1974-1985 (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL LINEAMIENTO ESTRUCTURAL UBICADO ENTRE LA QUEBRADA CASANOVA Y EL RÍO MARHUANTA, AL SURESTE DE CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR. VENEZUELA”
---------------	--

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
GARCÍA, DALIA JOSÉ	CVLAC: 26.499.941 E MAIL: Daliagarcia997@gmail.com
SILVA PÉREZ, KEISY STEFANY	CVLAC: 26.097.078 E MAIL: Keisysilvaperez18@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Lineamiento
Geomorfología
Quebrada
Rio
Rocas
Sedimentos
Plegamiento
Diaclasas
Foliación

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
Ciencias Básicas	Topografía
	Geomorfología
	Petrología
Tecnologías	Computación II

RESUMEN (ABSTRACT):

El área de estudio se localiza en la parroquia Marhuanta del municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar, al Sureste de Ciudad Bolívar. Geográficamente el área se encuentra entre las coordenadas E:446.500-N:893.500 (esquina inferior izquierda) y E:449.500-N:895.500 (esquina superior derecha), según el sistema de proyección Universal Transversal de Mercator-UTM. El lineamiento geológico-estructural objeto de estudio se encuentra sobre la divisoria de aguas que separa la quebrada Casanova del río Marhuanta. El estudio se avocó a identificar el rasgo estructural asociado con la fisiografía del lineamiento estudiado. Para ello se realizó una investigación aplicada, de tipo descriptiva con diseño documental y de campo. Se generó un mapa geológico-estructural y se reconocieron algunas unidades geomorfológicas. El reconocimiento geológico de campo permitió identificar que en el área de estudio afloran el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y sedimentos del reciente. Los distintos órdenes de lineamientos se encontraron sobre cuarcitas ferruginosas y gneises graníticos. El lineamiento principal sigue tendencia SO-NE, congruente con las registradas dentro del Complejo de Imataca; y representa la traza axial en superficie de un plegamiento antiformal con dirección N 75° E, inmersión de 10° NE, vergencia de 75° NO y limbos con buzamientos de 40° SE y 70° NO aproximadamente. Aparentemente, el lineamiento principal sigue la dirección del abanicamiento de los planos de foliación; mientras que el diaclasamiento es contrario al sentido anterior y delimita los lineamientos de segundo y tercer orden. Geomorfológicamente el área se encuentra en un relieve de lomas conformado por un antiformal socavado y depósitos coluvio-aluvionales, con pendientes que no superan el 30% y alturas inferiores a los 100 m. El principal agente de modelado terrestre es el escurrimiento superficial difuso generalizado hasta su cauce.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Rivadulla, Rosario.	CVLAC:	3.825.175			
	E_MAIL	Rosariorivadulla@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Edlibi, Jacques.	CVLAC:	12.189.882			
	E_MAIL	Jacquesedlibiequzil.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
González, José Simón.	CVLAC:	13.015.360			
	E_MAIL	Jsgonzalez78@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Urbina, Jose.	CVLAC:	21.087.431			
	E_MAIL	Jrurbinagarrido@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Herrera García, José Gregorio.	CVLAC:	12.642.382			
	E_MAIL	Jgherreragarcia@live.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2022	10	19

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis- Lineamiento estructural ubicado entre la quebrada casanova y el rio marhuanta.doc	Application/msword

ALCANCE

ESPACIAL: Caracterización del lineamiento estructural ubicado entre la quebrada casanova y el rio mahuanta.

TEMPORAL: 5 años

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: Ingeniero Geólogo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO: Geología

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>Mazley</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:20

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUANA A. BOLANOS CUNPELE
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:
DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “

Silva P. Keisy S.

C.I 26.097.078

AUTOR

García. Dalia J.

C.I 26.499.941

AUTOR

Rosario Rivadulla

C.I 3825175

TUTOR

POR LA COMISIÓN DE TESIS