

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



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LAS
UNIDADES AFLORANTES FUNDO LA CEIBITA, SECTOR
AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO,
ESTADO BOLÍVAR**

**PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES GARCÍA
CARLOS Y MARCANO
RAISA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DE 2022



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES AFLORANTES FUNDO LA CEIBITA, SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**-presentado por los bachilleres, **GARCÍA CARLOS** cédula de identidad N° 28.279.741 y **MARCANO RAISA** cédula de identidad N° 27.917.114, como requisito 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:

Nombre:	Firma:
Prof. Rosario Rivadulla	
_____ (Asesor)	_____
Prof. Francisco Monteverde	
_____ (Jurado)	_____
Prof. José Simón González	
_____ (Jurado)	_____
_____ Prof. Berenice Sandoval Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los ____ días del mes de ____ de 20__

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado principalmente a mi madre, Milvida Canaruma, quien me impulsó a estudiar esta maravillosa carrera y me apoyó de principio a fin.

A mis hermanos, René y Patricia, que son dos pilares fundamentales en mi vida y desarrollo académico.

A mi padre, René García, quien desde la distancia mantiene su apoyo en mis decisiones y vida.

Al Sr Edgar D'Andrea, por permitirnos llevar a cabo esta investigación en su propiedad y siempre tener la buena disposición de llevarnos cuando más era necesario.

A Anthony Lascano, nuestro tutor de tesis y más que todo un amigo con el que siempre podíamos contar para cualquier situación.

A Rosario Rivadulla, nuestra tutora académica y excelente profesora, que representa lo mejor que la Universidad de Oriente tiene para sus estudiantes.

Finalmente, pero, no menos importante, a mi compañera de tesis Raisa Marcano, por ser un apoyo incondicional durante la carrera universitaria y durante la ejecución del presente trabajo.

Carlos García

DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicar este trabajo de grado a mi madre, Taiana Fernández, por siempre estar para mí e impulsarme a perseguir mis sueños y alcanzar mis metas.

A mi padre, Jesús Marcano, quien no dudó en apoyarme para que estudiara esta carrera, por tu esfuerzo y sacrificio junto a mi madre, para que así pudiera hacerlo.

A mi hermano, Bladimir Ernesto, cuyo amor y motivación siempre estuvieron presentes a lo largo del camino.

A Marcos Rodríguez, por estar a mi lado en todo momento, por celebrar mis logros y motivarme a superar los fracasos, por tu apoyo incondicional y por tu colaboración en la realización de este trabajo.

A Fresia Ávila, por ser una gran amiga y mi compañera de anécdotas, cómplice en las aventuras y desventuras de residencia, por tu cariño y disposición sin condiciones para ayudarme siempre.

A Carlos García, por ser un excelente compañero de estudio y por compartir este logro conmigo.

Raisa Marcano

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, al Instituto Geológico y Minero (INGEOMIN) y a todo el personal que allí labora, por contribuir a nuestra formación como profesionales y permitirnos ejecutar nuestro trabajo de investigación con el apoyo de sus instalaciones y laboratorios, a la disposición para cualquier ensayo.

Al señor Edgar D'Andrea, por abrirnos las puertas del fundo La Ceibita y permitirnos realizar nuestra investigación.

A nuestro tutor industrial y amigo, Anthony Lascano, pieza fundamental para la realización de este trabajo de grado, cuya asesoría y dedicación han sido inagotables desde el primer día.

A nuestra profesora y tutora académica, Rosario Rivadulla, porque su pasión para enseñar nos hizo amar esta hermosa carrera.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo “Realizar la caracterización geológica y estructural de las unidades aflorantes en el fundo La Ceibita, sector Amaruca, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar”. Para ello, se definió el tipo de investigación como descriptiva, puesto que, se enfoca principalmente en caracterizar las muestras obtenidas del área de estudio, para ser analizadas e interpretadas. Por otra parte, el diseño de la investigación es de campo, puesto que la recolección de datos fue ejecutada in situ, sin alterar el comportamiento de las muestras o alterar variables existentes. La metodología consistió en descripciones macroscópicas de once (11) muestras de rocas, descripciones morfoscópicas de cinco (5) muestras de sedimentos del canal del río “Candelarita”, descripciones de estructuras geológicas, elaboración de diagramas de rosa y elaboración de un mapa geológico y un mapa geomorfológico. El área de estudio está compuesta litológicamente por areniscas limosas y arcillosa, arenas finas, medias y gravosas de la Formación Mesa, anfibolitas y gneises de diversa mineralogía (y, por ende, distinto protolito). Las diaclasas observadas, poseen un rumbo preferencial hacia el noroeste en la primera estación, con un rango angular, oscilante en un rango norte (50° - 60°) oeste con un 20%. En la estación 3, las diaclasas presentan una tendencia casi absoluta hacia el noroeste, principalmente entre el rango norte (40° – 50°) oeste, en aproximadamente el 40%. Finalmente, en la estación 5, presentan una orientación hacia el sureste en un estimado del 83%. Mediante la examinación bajo el microscopio estereográfico de las muestras de suelo y de rocas sedimentarias, se logró determinar que el grado de transporte de partículas que integran las mismas es de forma general “bajo a moderado”. En el mapa geológico, se aprecia que las unidades del Complejo de Imataca cubren un 20% del área, mientras que los estratos de la Formación Mesa un 75%. También, se observan arenas gruesas correspondientes a sedimentos recientes, los cuales cubren un 5% del área. En el mapa geomorfológico, se observa que alrededor del 75% del paisaje es de peniplanicie, 20% de lomerío y un 5% de planicie. En cuanto a relieve, el 70% corresponde a vega (Pe-Ve), un 12% a colinas (Pe-Co); hacia el noreste se encuentra un 7% representado por lomas (Lo-Lo), 5% por vega (Lo-Ve) y finalmente, un 6% que corresponde a llanura pluvial (Pl-Ll)

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
AGRADECIMIENTOS	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
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 Alcances de la investigación	6
1.5 Limitaciones de la investigación.....	6
CAPÍTULO II	7
GENERALIDADES.....	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	7
2.3 Acceso al área de estudio	9
2.4 Características físico–naturales.....	9
2.3.1 Clima.....	9
2.3.1.1 Precipitación.....	9
2.3.1.2 Evaporación.....	10
2.3.1.3 Temperatura media.....	10
2.3.1.4 Temperatura máxima media.....	10
2.3.1.5 Temperatura mínima media	11
2.3.1.6 Radiación solar (directa y difusa)	11
2.3.1.7 Insolación	11
2.3.1.8 Humedad relativa	12
2.3.1.9 Viento.....	12
2.3.2 Vegetación	12
2.3.3 Suelos	13

2.3.3.1	Quartzipsamments.....	13
2.3.3.2	Kandiustults	13
2.3.3.3	Kanhaplustults.....	13
2.3.4	Geomorfología	14
2.3.4.1	Peniplanicie baja, suavemente ondulada (Pe1-1).....	14
2.3.4.2	Planicie deposicional, no a ligeramente disectada, bien drenada (P11-11)	14
2.4	Geología regional.....	15
2.4.1	Provincia Geológica de Imataca	15
2.4.2	Aluviones Recientes.....	16
2.5	Geología local	16
CAPÍTULO III.....		18
MARCO TEÓRICO		18
3.1	Antecedentes de la investigación	18
3.2	Fundamentos teóricos	20
3.2.1	Provincia geológica.....	20
3.2.2	Estructuras geológicas.....	20
3.2.2.1	Pliegues ptigmáticos.....	20
3.2.2.2	Diaclasas	21
3.2.3	Análisis morfoscóptico.....	23
3.2.4	Esfericidad y redondez de partículas	24
3.2.5	Grados de redondez.....	24
3.2.5.1	Anguloso	25
3.2.5.2	Subanguloso	25
3.2.5.3	Subredondeado	25
3.2.5.4	Redondeado.....	26
3.2.5.5	Bien redondeado.....	26
3.2.6	Mapa geológico.....	26
3.2.7	Diagrama de Rosas.....	27
3.2.8	Análisis granulométrico	27
3.2.9	Mapa geomorfológico	28
3.2.10	Unidades taxonómicas	28
3.2.10.1	Lomerío.....	29
3.2.10.2	Peniplanicie.....	30
3.2.11	Tipos de relieve	30
3.2.11.1	La loma.....	31
3.2.11.2	El glacis coluvial	31
3.2.11.3	La vega (de lomerío)	31
3.2.11.4	Colina	31
3.2.11.5	Vega (de peniplanicie)	32
3.2.12	Planicie.....	32
3.3	Definición de términos básicos	33

3.3.1 Inconformidad	33
3.3.2 Rumbo y buzamiento	33
3.3.3 Rocas sedimentarias	34
3.3.4 Capa o estrato	34
3.3.5 Arenisca	35
3.3.6 Roca metamórfica	35
3.3.7 Protolito	35
3.3.8 Gneis	35
CAPÍTULO IV	36
METODOLOGÍA DE TRABAJO	36
4.1 Tipo de investigación	36
4.2 Diseño de la investigación	37
4.3 Población y muestra	37
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
4.4.1 Técnicas de recolección de datos	39
4.4.1.1 Observación	39
4.4.1.2 Revisión documental	39
4.4.1.3 Instrumentos de recolección de datos	40
4.5 Etapas de la investigación	40
4.5.1 Etapa I: fase de oficina	42
4.5.2 Etapa II: fase de campo	42
4.5.2.1 Reconocimiento del área de estudio	43
4.5.2.2 Levantamiento geológico (estaciones de estudio)	43
4.5.2.3 Toma de fotografías de campo y recolección de muestras	45
4.5.3 Etapa III: fase de procesamiento de datos (oficina y laboratorio)	46
4.5.3.1 Organización e identificación de las muestras obtenidas en campo ...	46
4.5.3.2 Descripción de las estructuras geológicas	47
4.5.3.3 Elaboración de diagrama de rosas	47
4.5.3.4 Análisis morfoscópico de las muestras obtenidas en campo	47
4.5.3.5 Elaboración del mapa geológico	49
4.5.3.6 Elaboración del mapa geomorfológico	50
4.5.4 Etapa IV: Ejecución o desarrollo del proyecto	50
CAPÍTULO V	51
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	51
5.1 Identificación de las muestras de campo	51
5.2.1 Estación 1	52
5.2.1.1 Muestra E ₁ -M ₁	52
5.2.1.2 Muestra E ₁ -M ₂	52
5.2.1.3 Muestra E ₁ -M ₃	53
5.2.2 Estación 2	54
5.2.2.1 Muestra E ₂ -M ₁	54

5.2.3 Estación 3	54
5.2.3.1 Muestra E ₃ -M ₁	55
5.2.4 Estación 4	55
5.2.4.1 Muestra E ₄ -M ₁	55
5.2.4.2 Muestra E ₄ -M ₂	56
5.2.4.3 Muestra E ₄ -M ₃	57
5.2.4.5 Muestra E ₄ -M ₄	58
5.2.5 Estación 5	59
5.2.5.1 Muestra E ₅ -M ₁	59
5.2.5.2 Muestra E ₅ -M ₂	59
5.3 Identificación de las estructuras geológicas.....	60
5.3.1 Estructuras geológicas de la estación 1	60
5.3.2 Estructuras geológicas de la estación 2	64
5.3.3 Estructuras geológicas de la estación 3.....	66
5.3.4 Estructuras geológicas de la estación 5.....	70
5.4 Diagrama de Rosas	72
5.4.1 Diagrama de rosas de la Estación 1	72
5.4.2 Diagrama de rosas de la Estación 3	73
5.4.3 Diagrama de rosas de la Estación 5	74
5.5 Análisis morfoscópico	75
5.5.1 Análisis de la muestra E ₅ -M ₁	75
5.5.2 Análisis de la muestra E ₅ -M ₂	76
5.5.3 Análisis de la muestra E ₅ -M ₃	78
5.5.4 Análisis de la muestra E ₅ -M ₄	80
5.5.5 Análisis de la muestra E ₅ -M ₅	81
5.5 Mapa geológico del fundo La Ceibita.....	82
5.6 Mapa geomorfológico del fundo La Ceibita.....	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
Conclusiones	85
Recomendaciones	87
REFERENCIAS	88
APÉNDICES.....	92

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del Fundo La Ceibita (Modificado de Google Earth, 2022).	7
2.2 Estaciones de estudio (Modificado de Google Earth, 2022).....	8
3.1 Grados de esfericidad y redondez para realizar la estimación visual durante el análisis morfoscópico (Pettijohn et al, 1991).	25
3.2 Diagrama de rosas, roseta o rosa de diaclasas. (W. Griem, 2019).....	27
3.3 Dirección y Buzamiento de un estrato rocoso. (Tarbuck y Lutgens, 2005).....	33
4.1 Flujograma de actividades de las etapas de investigación	41
4.2 Imagen satelital con el área a estudiar delimitada y con las estaciones identificadas. (Modificado de Google Earth, 2022).....	43
4.3 Fotografías generales de las estaciones de estudio. Los números representan las estaciones	45
4.4 Representación del material retenido en el tamiz N° 30 por cada muestra de sedimento.	48
4.5 Microscopio estereográfico con muestra de sedimento en el portaobjeto.	49
5.1 Muestra E ₁ -M ₁ . Gneis feldespático biotítico.	52
5.2 Muestra E ₁ -M ₂ . Gneis biotítico.	53
5.3 Muestra E ₁ -M ₃ . Gneis biotítico cuarzoso.....	53
5.4 Muestra E ₂ -M ₁ . Gneis cuarzo feldespático	54
5.5 Muestra E ₃ -M ₁ . Gneis biotítico.	55
5.6 Muestra E ₄ -M ₁ . Gneis biotítico	56
5.7 Muestra E ₄ -M ₂ . Anfibolita	57
5.8 Xenolito de anfibolita presente en gneis feldespático biotítico	57
5.9 Muestra E ₄ -M ₃ . Arenisca limosa.	58
5.10 Muestra E ₄ -M ₄ . Arenisca arcillosa.....	58
5.11 Muestra E ₅ -M ₁ . Anfibolita	59
5.12 Muestra E ₅ -M ₂ . Gneis biotítico	60
5.13 Diaclasa inclinada E ₁ -D ₄ , de 2cm de abertura.	61
5.14 Diaclasa inclinada E ₁ -D ₆ , de 2 cm de abertura.	62
5.15 Diaclasa vertical E ₁ -D ₇ , de 30 cm de abertura	63
5.16 Diaclasa inclinada E ₁ -D ₈ , de 5cm de abertura	63
5.17 Pliegue de flujo E ₂ -P ₁	65
5.18 Pliegue de flujo de tipo Zig-Zag, E ₂ -P ₂	65
5.19 Pliegue de flujo tipo tumbado, atravesado por una diaclasa, E ₂ -P ₃	66
5.20 Diaclasas conjugadas verticales E ₃ -D ₁₋₁ y E ₃ -D ₁₋₂ , que forman aproximadamente un ángulo recto	67
5.21 Pliegue de flujo de tipo zigzag tumbado en roca alterada, E ₃ -P ₁	69
5.22 Anfibolitas en el canal del río Candelarita en los meses secos del año.	71

5.23 Diagrama de rosas correspondiente a la Estación 1	72
5.24 Diagrama de rosas correspondiente a la Estación 3.....	73
5.25 Diagrama de rosas correspondiente a la Estación 5	74
5.26 Gráfico de la distribución de la forma de las partículas de la muestra E_5-M_1 ...	76
5.27 Gráfico de la distribución de la forma de las partículas de la muestra E_5-M_2	78
5.28 Gráfico de la distribución de la forma de las partículas de la muestra E_5-M_3	79
5.29 Gráfico de la distribución de la forma de las partículas de la muestra E_5-M_4 ...	80
5.30 Gráfico de la distribución de la forma de las partículas de la muestra E_5-M_5 ...	82

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Tabla de las estaciones con sus coordenadas UTM.	8
5.1 Nomenclatura e identificación de las muestras tomadas en campo	51
5.2 Tabla de datos de diaclasas en la estación 1	64
5.3 Tabla de datos de diaclasas en la estación 3	68
5.4 Tabla de datos de diaclasas en la Estación 5	70
5.5 Distribución porcentual de las diaclasas pertenecientes a la estación 1.....	73
5.6 Distribución porcentual de las diaclasas pertenecientes a la estación 3.....	74
5.7 Distribución porcentual de las diaclasas de acuerdo al rumbo	75
5.8 Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía, de la muestra E ₅ -M ₁	76
5.9 Porcentajes de partículas según la morfoscopía de la muestra E ₅ -M ₂	77
5.10 Porcentajes de partículas según la morfoscopía de la muestra E ₅ -M ₃	79
5.11 Porcentaje de partículas según la morfoscopía de la muestra E ₅ -M ₄	80
5.12 Porcentaje de partículas según la morfoscopía de la muestra E ₅ -M ₅	81

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS, ESPECÍFICAMENTE DIACLASAS, OBSERVADAS EN LA ESTACIÓN 5.....	92
A.1 Diaclasa E5-D1.....	93
A.2 Diaclasa E5-D2.....	93
A.3 Diaclasa E5-D3.....	94
A.4 Diaclasa E5-D4.....	95
A.5 Diaclasa E5-D5.....	95
A.6 Diaclasa E5-D6.....	96
B. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE CANAL.....	97
B.1 Análisis granulométrico de la muestra E5-M1.....	98
B.2 Análisis granulométrico de la muestra E5-M2.....	99
B.3 Análisis granulométrico de la muestra E5-M3.....	100
B.4 Análisis granulométrico de la muestra E5-M4.....	101
B.5 Análisis granulométrico de la muestra E5-M5.....	102

INTRODUCCIÓN

En el año 1991, la Corporación Venezolana de Guayana, Técnica Minera (C.V.G. TECMIN), llevó a cabo unas misiones en el país, con el propósito de generar informes por áreas, acerca de la geología, geomorfología y vegetación. No obstante, en la actualidad, muy poca participación presenta la misma en estas exploraciones de índole geológica. Por consiguiente, toda la información de este tipo, no posee un seguimiento y/o actualización.

Por ello, el presente trabajo, muestra los resultados de exploraciones de carácter geológico-estructural, con el propósito de caracterizar una pequeña porción situada, de acuerdo con las divisiones previamente ejecutadas por C.V.G. TECMIN, en la hoja NC-20-14, de propiedad privada y nombre Fundo La Ceibita a lo largo de 5 estaciones de estudio, correspondientes a afloramientos del fundo campesino, perteneciente al sector Amaruca, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

Por consiguiente, en el estudio se mostrarán descripciones macroscópicas de las muestras de roca obtenidas en las cinco estaciones, así como también las distintas estructuras geológicas y su actitud predominante a través de un análisis geoestadístico. Adicionalmente, será estudiado el grado de transporte de las partículas del Río Candelarita, afluente del Río Candelaria.

Finalmente, con la información recopilada en las exploraciones y posterior procesamiento de datos en el laboratorio y oficina, se podrán realizar mapas temáticos, uno geológico y otro geomorfológico, que permitan conocer la distribución de la litología y el área que abarcan en una porción del fundo, así como también, los tipos de paisajes presentes y sus componentes taxonómicos.

A continuación, se detalla el contenido desarrollado en el siguiente trabajo de investigación:

Empezando por el capítulo I, donde se planteó la situación a investigar, estableciendo el objetivo general y objetivos específicos, así como la justificación y alcance de la investigación, permitiendo llevar a cabo la caracterización geológica y estructural.

En el capítulo II, se determinó la delimitación espacial del área de estudio, así como también toda la información precedente y conocida de la zona, como son las características físico-naturales.

El capítulo III, correspondiente al marco teórico, contiene el sustento de esta investigación, así como también facilita la comprensión de la misma a través de la inclusión de términos básicos asociados al estudio.

En el capítulo IV, se presentó a detalle toda la metodología seguida para llevar a cabo este proyecto.

El capítulo V, presenta los resultados con su respectivo análisis, obtenidos a partir de la metodología empleada a las muestras obtenidas en el fundo. Por último, se presenta un conjunto de conclusiones y recomendaciones para futuros investigadores en el área de estudio previamente enmarcada.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente en Ciudad Bolívar, Venezuela; no existen instituciones que prosigan las misiones llevadas a cabo hace más de 30 años por la Corporación Venezolana de Guayana Técnica Minera (CVG TECMIN). Dichas misiones, tenían como resultado final, la elaboración de informes técnicos que contenían información de geología, geomorfología, clima, vegetación, suelos, humedad y mapas temáticos con la yuxtaposición topográfica del territorio nacional.

Por consiguiente, la información geológica se encuentra desactualizada, más allá de las pocas existentes ejecutadas por empresas privadas o partes interesadas. En este caso, el dueño del Fundo La Ceibita, nunca ha ejecutado estudios geológicos en su propiedad de extensión mil (1.000) hectáreas. Es por ello que, se planea ejecutar una serie de objetivos que permitan caracterizar geológica y geomorfológicamente una porción de esta zona, de extensión 413 hectáreas, basándonos principalmente en las últimas misiones ejecutadas por la empresa anteriormente mencionada.

Además, el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) Región Guayana, al apoyar este proyecto de investigación, puede beneficiarse de los resultados de la investigación también, para actualizar sus bases de datos. Es menester resaltar que, INGEOMIN Región Guayana, no posee estudios previos en este fundo de propiedad privada, de modo que no cuentan con información geológica ni geomorfológica de la zona de estudio. A su vez, su mapa geológico y geomorfológico es de gran escala y no contempla especificidad para el área del fundo. Es por ello que la realización del proyecto de caracterización geológica y

estructural en “La Ceibita”, beneficiará a ambas partes, permitiendo al propietario obtener información de los elementos que se encuentran en el terreno y a INGEOMIN, adquirir una nueva fuente de antecedentes para futuras investigaciones.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar la caracterización geológica y estructural de las unidades aflorantes en el fundo La Ceibita, sector Amaruca, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir macroscópicamente la litología de las diferentes litologías presentes en el fundo La Ceibita, mediante el reconocimiento visual de las muestras de campo.

2. Clasificar los tipos de estructuras geológicas a través de la inspección directa en campo y las mediciones de actitudes.

3. Realizar diagramas de rosas a partir de las mediciones generales de rumbos de las estructuras geológicas observadas en campo.

4. Determinar el grado de transporte de los sedimentos presentes en el río Candelarita mediante la realización de análisis morfoscópicos por el método de Pettijohn.

5. Representar en un mapa geológico de superficie las características geológicas y estructurales observadas en el área de estudio.

6. Identificar los tipos de relieves presentes en el área de estudio mediante la elaboración de un mapa geomorfológico, a partir de los datos obtenidos en campo y de la hoja NC-20-14 de CVG TECMIN.

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación se realizará con la finalidad de complementar la información geológica y estructural preexistente del sector Amaruca, del municipio Angostura del Orinoco, específicamente en el fundo la Ceibita, correspondiente a la hoja NC-20-14 establecida por CVG Técnica Minera (1991), tomando en cuenta que esta empresa no ha incluido información reciente, dado que el último estudio realizado data en ese año y posteriormente no se llevaron a cabo investigaciones para actualizarlas.

La caracterización geológica y estructural a realizar, contribuirá a la base de datos de información geológica perteneciente al Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) – Región Guayana, y a su vez, permitirá establecer un antecedente de investigación en la zona, con la intención de servir de referencia para futuras investigaciones afines. Además, existe un interés por parte del propietario privado del fundo La Ceibita, en conocer el potencial geológico de la zona, especialmente en el área de la cantera, ya que esta puede representar una posible fuente de recursos aprovechables, que pudieran traducirse en beneficios económicos, materiales de uso ornamental, entre otros propósitos, si se llegaran a explotar en el futuro.

1.4 Alcances de la investigación

El alcance de esta investigación corresponderá a la realización de una caracterización de tipo geológica y estructural, que contemplará la descripción litológica macroscópica de las muestras de rocas tomadas, clasificar las estructuras geológicas y representarlas en un diagrama de rosas, determinar el grado de transporte de las muestras de sedimentos recolectadas del canal del río Candelarita, identificar los tipos de relieves presentes en el área de estudio mediante la elaboración de un mapa geomorfológico y representar las características geológicas y estructurales observadas en un mapa geológico.

1.5 Limitaciones de la investigación

No existieron limitaciones que impidieran el desarrollo y realización del siguiente trabajo de investigación.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en Venezuela–Estado Bolívar, municipio Angostura del Orinoco, en el asentamiento campesino “La Ceibita”, perteneciente al sector Amaruca (Figura 2.1). Las estaciones de estudio (Figura 2.2) corresponden a la Provincia Geológica de Imataca. Las estaciones están referenciadas en coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM), y estos valores se muestran en la Tabla 2.1.



Figura 2.1 Ubicación geográfica del fundo La Ceibita (Modificado de Google Earth 2022)

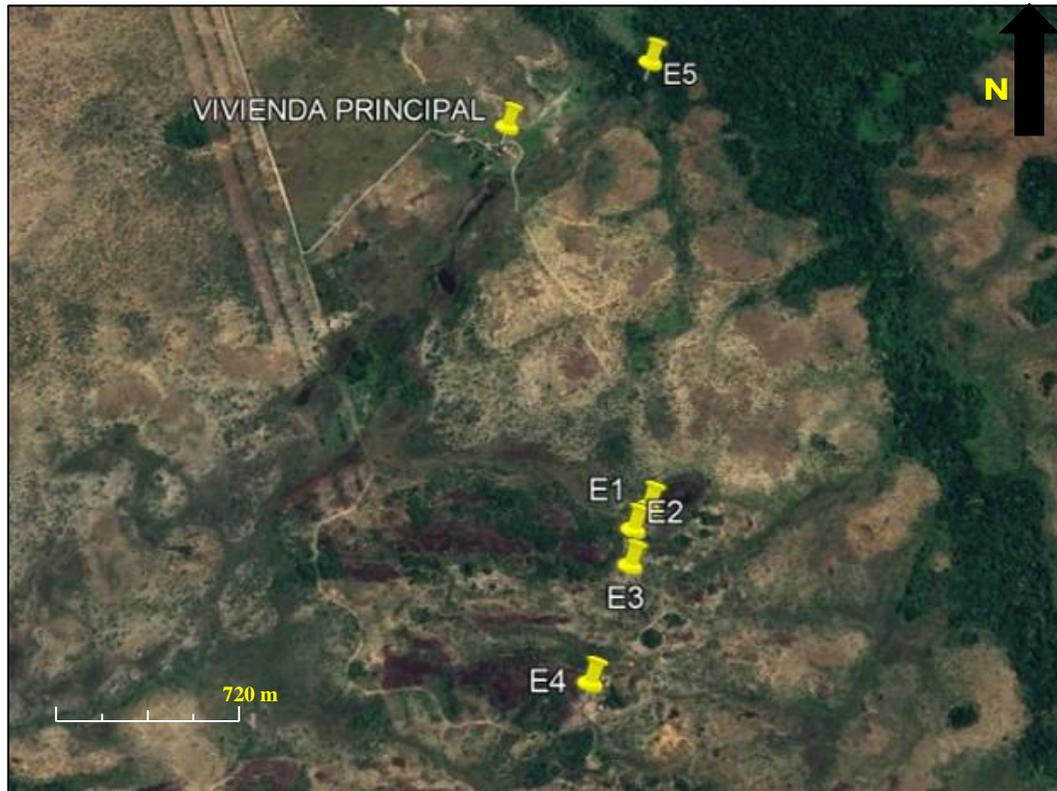


Figura 2.2 Estaciones de estudio (Modificado de Google Earth, 2022).

Tabla 2.1 Tabla de las estaciones con sus coordenadas UTM.

Estación	Coordenadas UTM (Huso 20)	
	Norte	Este
1	887192 m	461684 m
2	887126 m	461641 m
3	887022 m	461633 m
4	886690 m	461524 m
5	888592 m	461683 m

2.3 Acceso al área de estudio

Para acceder al fundo “La Ceibita”, perteneciente al sector Amaruca, se debe tomar la Troncal-19 en la salida del distribuidor de Marhuanta, al Este de Ciudad Bolívar, por unos treinta minutos en vehículo a unos 100km/h. Luego, se debe tomar un desvío al Sur, y seguir un camino no pavimentado, por 5,5 km.

2.4 Características físico–naturales

CVG Técnica Minera (1991), en la hoja NC-20-14, realizó diversos estudios importantes, destacando entre ellos elementos como el clima, la vegetación, suelos, geomorfología, geología local y regional. En este orden de ideas, esta investigación se utilizar el desarrollo de las características físico–naturales de la zona de estudio.

2.3.1 Clima

A continuación, se estarán describiendo las características climatológicas de la región, tales como precipitación, evaporación, temperatura media, temperatura máxima media, radiación solar, insolación, humedad relativa y el viento, según CVG Técnica Minera (1991).

2.3.1.1 Precipitación

La zona cubierta por la hoja NC-20-14 recibe como término medio una precipitación total anual promedio de 1400 mm. La misma, aumenta en sentido nortesur, desde un centro de 800 mm localizado en la parte noreste del área hasta alcanzar 2100 mm en el sector suroccidental de la zona. La época de lluvias inicia en abril y finaliza en noviembre, siendo esta de carácter unimodal, presentando un máximo en

el mes de junio. Los meses de sequía van de diciembre a marzo, siendo este último el que registra la menor precipitación de todo el año.

2.3.1.2 Evaporación

Las épocas que registran los máximos valores de evaporación son marzo, abril y octubre, siendo estos de aproximadamente 300 mm, 275 mm y 220 mm, respectivamente. Por otra parte, los mínimos valores de evaporación son registrados en el mes de junio y diciembre, con una media de 170 mm y 180 mm respectivamente. Esto de acuerdo a las estaciones Punta Tamarindo y Las Babas (Guri).

2.3.1.3 Temperatura media

La temperatura media anual para el área de estudio es de 26 °C, aproximadamente. El régimen térmico es de tipo bimodal, con un máximo principal en el mes de abril y el secundario en septiembre. Por otra parte, los menores valores de temperatura media se registran en los meses de enero – febrero y junio – julio. La oscilación térmica anual para la zona es de 1,8 °C aproximadamente, lo cual nos indica la condición de isoterminia por estar ubicada en plena zona intertropical.

2.3.1.4 Temperatura máxima media

La temperatura máxima media anual para esta área de estudio es de aproximadamente 31,5 ° C. Son de tipo bimodal, con un máximo en el mes de abril y un secundario en octubre. Los valores más bajos de temperatura máxima se registran en las temporadas de junio-julio y diciembre-enero.

2.3.1.5 Temperatura mínima media

Para el área cubierta por la hoja NC-20-14, se estimó una temperatura mínima media anual de 21,9 °C aproximadamente. Presenta dos máximos durante el año, siendo el principal en el mes de mayo y el secundario en septiembre – octubre. Los valores más bajos de temperatura mínima se registran en los meses de enero, febrero y luego, en el mes de julio.

2.3.1.6 Radiación solar (directa y difusa)

La radiación solar media anual estimada para el área de estudio es de 380 cal/cm * día. Esta disminuye en sentido norte – sur, desde 410 cal/cm * día al norte de Punta Tamarindo (Estación de la hoja NC-20-14), hasta 360 cal/cm * día en el sur del área cubierta por la hoja adyacente (NB-20-2). A su vez, existen dos (2) épocas durante el año donde se registran los máximos valores. El principal se registra en el mes de marzo y el segundo en los meses de agosto y septiembre. Por otra parte, en junio y diciembre ocurren los valores más bajos de radiación solar media mensual. No obstante, se concluye que la variación anual de la radiación solar es muy pequeña.

2.3.1.7 Insolación

El área de estudio recibe una insolación media anual de 7,4 horas, aproximadamente. En líneas generales, disminuye desde un centro de 7,8 horas ubicado en la parte norte del área (Hoja NC-20-14) entre Moitaco y Ciudad Bolívar, hasta 6,6 horas en el sector suroccidental del área cubierta por la hoja adyacente (NB-20-2). Por otra parte, el comportamiento anual de la insolación revela que los mayores valores de horas de sol se producen en los meses de septiembre y marzo. Por otra parte, los mínimos valores de insolación ocurren en los meses de junio, diciembre y enero.

2.3.1.8 Humedad relativa

La humedad relativa media anual para la zona de estudio es de aproximadamente 73%. En el área, la humedad relativa aumenta en sentido oeste–este, desde un centro de 70% en la parte noroccidental de la zona hasta alcanzar 77% en los alrededores del Lago de Guri. Los máximos valores de humedad relativa se registran durante la época de junio–julio y en el mes de diciembre. Los valores más bajos de humedad relativa ocurren en las temporadas de marzo–abril y octubre–noviembre.

2.3.1.9 Viento

El régimen de los vientos en el área de estudio, está determinado por los alisios, la convergencia intertropical (ITC) y los efectos orográficos locales. Específicamente, en el área se observa una velocidad media anual de 11 Km/h aproximadamente, con una dirección prevaleciente E (este) y ESE (este - sureste). La época de mayor velocidad de viento se presenta en la época de enero a mayo, siendo marzo el mes que genera el valor más alto (15,5 Km/h). A partir de junio hasta septiembre, la velocidad del viento disminuye, ocurriendo el menor valor (8,4 Km/h) en el último mes de este rango.

2.3.2 Vegetación

La zona de estudio se encuentra definida por “Sabana gramínea arbustiva, matorral y bosque de galería”, de densidad media, enmarcada en una humedad tropófila, de temperatura macrotérmica en dos paisajes fisiográficos, peniplanicie y lomerío.

2.3.3 Suelos

De acuerdo a CVG Técnica Minera (1991), los suelos de la región están compuestos por las unidades taxonómicas descritas a continuación:

2.3.3.1 Quartzipsamments

Esta unidad taxonómica se encuentra ampliamente distribuida dentro del área de estudio, ocupando un bioclima tropófilo microtérnico. Por otra parte, han sido formados a partir de sedimentos de la Formación Mesa y en menor proporción de rocas metamórficas, en particular gneis y cuarcitas, así como sedimentos transportados provenientes de la alteración de dichas rocas.

2.3.3.2 Kandiustults

La unidad taxonómica en cuestión, presenta un bioclima tropófilo macrotérnico. Además, la mayoría de los suelos se han originado a partir de rocas metamórficas, en particular anfibolitas, cuarcitas, cuarcitas ferruginosas, gneis y rocas ígneas como granitos y gabros. Por otro lado, gran proporción de estos suelos evolucionan de sedimentos aluviales de la Formación Mesa, y aluvio-coluviales provenientes de las rocas antes mencionadas, las cuales pertenecen a la Provincia Geológica de Imataca.

2.3.3.3 Kanhaplustults

Comúnmente los suelos representativos de esta unidad taxonómica, se encuentran ampliamente distribuidos en el área, ocupando un bioclima tropófilo macrotérnico. La mayor parte de estos suelos evolucionan a partir de gneises y granitos de la Provincia Imataca. Localmente se desarrollan sedimentos aluvio-

coluviales, provenientes de la alteración de dichas rocas y, sedimentos antiguos y/o recientes.

2.3.4 Geomorfología

La zona de estudio consta de los códigos Pe1-1 y Pl1-11 de acuerdo a lo establecido por CVG Técnica Minera (1991).

2.3.4.1 Peniplanicie baja, suavemente ondulada (Pe1-1)

La superficie de esta unidad es muy uniforme, por consecuencia de un mayor rebajamiento por parte de los procesos de peneplanación que han tardado un tiempo muy largo, en la escala geológica, para meteorizar rocas como granitos, gneises graníticos, diabasas, gabros y cuarcitas ferruginosas. Incluyen algunas elevaciones como los domos. El patrón de drenaje es dendrítico de baja intensidad. La vegetación que recubre la unidad varía de bosques medios tanto en altura como en densidad a arbustales y herbazales.

2.3.4.2 Planicie deposicional, no a ligeramente disectada, bien drenada (Pl1-11)

Son superficies planas de perfiles rectilíneos y están un tanto más elevadas que las planicies afectadas por los fuertes procesos erosivos (cárcavas). La extensión de esta unidad se ha ido disminuyendo a causa de la erosión regresiva que está presente en la actualidad, para, en caso contrario, hacer más amplias las zonas disectadas por los barrancos. Los suelos son muy evolucionados, pertenecientes al orden de los Ultisoles, de texturas livianas y/o pesadas.

2.4 Geología regional

2.4.1 Provincia Geológica de Imataca

La geología a nivel regional se encuentra definida por la Provincia Geológica de Imataca (PI). Según Mendoza (2012), la PI, se extiende en dirección SW-NE, desde las proximidades del Río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE, aflora desde el curso del Río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 km y 80 km, respectivamente.

Litológicamente la PI está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona). La Provincia Imataca registra seis o más dominios tectónicos o microterrenos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente, el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto.

En la parte Norte, los pliegues tienen rumbo NW mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N (60°-70°) E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Gurí.

Ascanio (1975) en Mendoza (2012), postuló que parte, al menos, del Complejo metamórfico de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan microcontinentes que por tectónica compresional o convergente chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Ascanio denominó a estas fajas como de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar. Esto que ocurrió a escala local,

también se produjo en gran escala regional y mundial, como parte de la agregación o acreción convergente del supercontinente Kenorlandia, hacia 2.7- 2.6 Ga.

2.4.2 Aluviones Recientes

De acuerdo a lo establecido por INGEOMIN (2004), los aluviones presentes en el área de estudio bordean la margen norte y sur del río Orinoco, en algunos de los afluentes del mismo. También establece que “Se encuentran en contacto deposicional con la formación Mesa y con el Complejo de Imataca. Estos depósitos constituyen aportes recientes de los diferentes ríos y quebradas, es una zona sometida a inundaciones periódicas en las épocas de lluvia, formándose sedimentos constituidos por arenas, arcilla, dando origen a suelos arenosos y en algunos casos se encuentran suelos bien evolucionados”. Asimismo, indican que geomorfológicamente estos aluviones constituyen “una planicie deposicional no disertada a ligeramente disertada e inundable”.

2.5 Geología local

La geología local de la zona de estudio, está definida por los códigos 110001 y 110002, correspondientes al Complejo de Imataca (CI), de acuerdo a la nomenclatura de C.V.G. TECMIN, descritos en el apartado 3.1. También, por la Formación Mesa. Según Hedberg y Pyre (1944), la Formación Mesa se refiere a los sedimentos jóvenes que cubren las mesetas de Venezuela Oriental. Por otra parte, González de Juana (1946), indica que la litología de la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso cementado y muy duro; conglomerado rojo a casi negro, arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita.

Además, C.V.G. TECMIN (1991), indica que la zona de estudio presenta aluviones del reciente, aportados por los ríos tributarios y quebradas presentes, producto del interperismo de la Formación Mesa y de las rocas del Complejo de Imataca. Esta zona se encuentra sometida a inundaciones parciales, contribuyendo a la acumulación de sedimentos constituidos por arenas y arcillas, dando origen a suelos arenosos y en algunos casos, bien evolucionados.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan una gama de conceptos cuya principal función es ayudar al lector a comprender mejor la investigación en cuestión, así como también, dar base a las proposiciones y metodologías empleadas. A través de las bases teóricas, se pueden citar los trabajos de otros autores, cuyas definiciones han sido validadas por prestigiosas editoriales y han pasado por numerosas revisiones.

3.1 Antecedentes de la investigación

Abreu y Orta (2010) en el trabajo titulado “ESTUDIO GEOQUÍMICO EXPLORATORIO DE LA CUENCA DEL RÍO CANDELARIA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR” representa un antecedente en la zona en cuestión, partiendo del hecho que el río Candelarita, presente en el fundo la Ceibita, es un afluente del río Candelaria, el cual se encuentra ubicado a 13 km del fundo, aproximadamente.

En el trabajo de grado citado anteriormente, establecen que la litología de la zona corresponde a gneises graníticos y gneises biotíticos, correspondientes a la Provincia Geológica de Imataca. También se observaron cuerpos máficos anfibolitizados en forma de diques y como xenolitos metamorfizados y alargados en sentido de la foliación. Además, se encuentra presente la Formación Mesa, que aflora en las adyacencias del río Candelaria, mostrando alternancia entre limos, arcillas y facies mixtas (arenas limosas y arcillosas, arcillas arenosas y limosas), depositados discordantemente sobre rocas precámbricas del Complejo de Imataca.

Finalmente, los sedimentos del Reciente corresponden a aluviones, que se extienden preferentemente adyacentes en las planicies y barras de meandros. Están conformados básicamente por materiales productos del interperismo de la Formación Mesa y de las rocas del Complejo de Imataca. Específicamente, para ese estudio, se realizaron seis (6) análisis petrográficos, distinguiendo anfibolitas, cuarcitas ferruginosas y gneises. El uso de este trabajo de grado sirvió como punto de referencia para el desarrollo de las generalidades del área de investigación, debido a la cercanía a la zona de estudio.

C.V.G. TÉCNICA MINERA, C.A (1991) en el “INFORME DE AVANCE NB-20-2, NC-20-14. CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS VEGETACIÓN. TOMO I” especifica que en la hoja NC-20-14, de acuerdo a sus coordenadas UTM, se encuentra ubicado el fundo La Ceibita. El mismo, especifica que la geología regional, corresponde a la Provincia Geológica de Imataca (PI). Kalliokoski (1965) en C.V.G. TECMIN (1991), establece que la PI es una secuencia de rocas metasedimentarias e ígneas complejamente plegadas, cuyo tipo litológico predominante es un paragneis cuarzo-feldespático que conserva como única estructura primaria la estratificación.

Además, C.V.G. TECMIN, en el antes citado informe, ha dividido el Complejo de Imataca en dos (2) unidades: 110001 y 110002. De ellas, la primera, es la que aplica al área de estudio. La misma, consiste en una faja rumbo este-noreste de gneises félsicos y máficos, intercalados con estratos de formaciones de hierro (BIF), granitos anfibólicos y biotíticos, granulitas ácidas y básicas, y diques pegmatíticos. La unidad 110001, está distribuida en la parte sureste de la hoja NC-20-14, al sur de Ciudad Bolívar, y a partir del río Guaimire, en el Cerro La Paloma; se extiende hasta la hoja de radar NB-20-2, donde cubre gran parte del área y se prolonga hasta el sur entre San Francisco y La Quina.

Este informe sirvió como base para comparar las muestras de los afloramientos recolectadas en el fundo La Ceibita, y recopilar información sobre las generalidades de la zona sobre la geología, clima, geomorfología y suelos de la zona.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Provincia geológica

Provincia geológica es toda parte cartografiable de la superficie sólida del planeta, de centenares a millones de kilómetros cuadrados de extensión, caracterizada por sus rocas, por su estructura y por una secuencia de eventos tal que integre una historia evolutiva singular diferente a la de las áreas adyacentes, de las cuales está separada por límites estratigráficos, tectónicos o por ambos. (Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, 2019)

3.2.2 Estructuras geológicas

Según Fossen, H. (2010), se definen las estructuras geológicas como “la configuración geométrica de las rocas y la geología estructural se ocupa de estudiar dicha configuración cuando las rocas han sufrido alguna deformación”. A continuación, se describen las estructuras geológicas relevantes para la investigación.

3.2.2.1 Pliegues ptigmáticos

Los pliegues ptigmáticos son plegamientos intensos, disarmónicos (Twiss & Moore, 1997), que ocurren generalmente en venas o capas delgadas de litología, altamente contrastante con la encajante (Van der Plujim & Marshak, 2004). Las rocas en las que mejor se observan este tipo de plegamiento, son las migmatitas.

3.2.2.2 Diaclasas

Soriano G. (2013) cita que “las diaclasas son fracturas, discontinuidades, en las que, a diferencia de las fallas, no ha habido un desplazamiento significativo entre los dos bloques.”

Se reconocen en cualquier tipo de roca (ígneas, metamórficas o sedimentarias) y suponen una evidencia clara de la rotura frágil del macizo rocoso en alguna etapa de su historia deformacional. Dependiendo de las rocas en que se produzcan, las diaclasas tienen una orientación general determinada. Por ejemplo, en las rocas sedimentarias, las diaclasas son, por lo general, perpendiculares a la superficie de estratificación, mientras que en las rocas ígneas pueden tener cualquier orientación. Así en rocas sedimentarias se puede decir que su mayor dimensión es siempre horizontal, mientras que, en rocas ígneas, por lo general no tienen una dimensión preferente.

Las diaclasas se propagan durante un proceso de fractura continuo o mediante una serie de rupturas sucesivas. A menudo se reconocen en familias con espaciados regulares que pueden ser reconocidos en áreas con poca deformación, aunque en otras ocasiones, pueden tener un espaciado irregular. En rocas sedimentarias bien estratificadas, las diaclasas suelen tener un patrón bien definido, compuesto por diaclasas sistemáticas tempranas y diaclasas cruzadas.

La caracterización del diaclasado de un macizo se realiza a partir de las siguientes medidas:

1. Orientación de la diaclasa (es decir, dirección, buzamiento y sentido del mismo).

2. Espaciado entre las diaclasas sucesivas de la misma orientación.
3. Apertura, es decir, distancia media entre las paredes de la junta.
4. Persistencia y penetrabilidad: continuidad de las juntas o longitud de sus trazas.
5. Rugosidad superficial, propiedad que condiciona su comportamiento friccional.
6. Presencia o ausencia de relleno, y características del mismo.

Entre los tipos de diaclasas más comunes podemos mencionar algunas, según Ramsay J. (1991):

1. Diaclasa vertical: se forman cuando las rocas ígneas se enfrían y se desarrollan fracturas de retracción que producen columnas alargadas en forma de pilares. También recordemos que el alejamiento produce un modelo de diaclasas suavemente curvadas que se desarrollan más o menos en paralelo a la superficie de los grandes cuerpos ígneos, como los batolitos. En estos casos, la formación de diaclasas es consecuencia de la expansión gradual que se produce cuando la erosión elimina la carga suprayacente. En rocas sedimentarias las diaclasas se forman debido a presiones de sobrecargas cuando estratos suprayacentes tienden a fracturar la roca.

2. Diaclasas paralelas: las diaclasas tienen distintas direcciones y buzamiento, por lo tanto, se cortan en determinados puntos. En el caso más común cuando existen dos formando ángulos más o menos constante y geométrico semejantes a 90 grados. o más familias de diaclasas que se interceptan formando ángulos más o menos constantes entre 30 y 60 grados, se denominan sistema de diaclasas.

3. Diaclasas ortogonales: las diaclasas tienen iguales dirección de buzamiento, por lo tanto, se cortan en determinados puntos en el caso más común cuando hay un conjunto de familias de diaclasas que afectan el mismo volumen de roca y se interceptan

3.2.3 Análisis morfoscópico

La forma de las partículas es muy difícil de definir, debido a la irregularidad de estas, y en general se puede decir que los estudios morfológicos tienden a definir su geometría en forma aproximada. El transporte sedimentario produce el desgaste de las partículas, con la destrucción progresiva de aristas y vértices, en su tendencia a alcanzar una configuración de mínima superficie para un volumen dado, la que corresponde a la esfera.

A pesar de esta tendencia general hacia la forma esférica, con frecuencia no se alcanza ese estadio final teórico, fundamentalmente debido al condicionamiento que representa la forma primitiva de la partícula. Así se suelen tomar como estadios finales además de la esfera, el disco, el cilindro y la lámina. Idealmente, la forma debe ser estudiada de manera tridimensional, sin embargo, existen métodos que permiten trabajar en el plano, y son aplicables (Navarrete, 2009).

Según el Laboratorio de Microscopía del Instituto Geológico y Minero (INGEOMIN) Región Guayana (s/f), el análisis morfoscópico, consiste en la medición y el análisis de la forma externa de una partícula sedimentaria. La forma de las partículas se ha asociado con procesos de erosión y transporte sedimentario e influye en los análisis granulométricos. Es un medio para diferenciar el origen y ambiente de deposición de los minerales. La morfoscopía trata de definir con distintos

parámetros la forma que pueda tener un grano y clasificarla para llegar a los fines buscados.

3.2.4 Esfericidad y redondez de partículas

La redondez es la relación entre el radio medio de curvatura de las aristas individuales de la partícula y el radio de la circunferencia circunscrita a la sección transversal de mayor área. Por otro lado, la esfericidad se representa como el área superficial de una esfera de volumen igual al de la partícula, dividida entre el área superficial de la misma (Ochoa T, 2011).

Por otra parte, Pettijohn (1963), indica que la redondez se relaciona con la agudeza de las aristas y de los vértices de un fragmento clástico, independientemente de la forma. También, establece que puede expresarse como la relación entre el promedio del radio de curvatura de las aristas o vértices y el radio de curvatura de la esfera máxima inscrita o el radio nominal del fragmento.

3.2.5 Grados de redondez

En la Figura 3.1, se muestra de acuerdo a Pettijohn et al (1991), los grados de redondez de partículas y a modo posterior, se presenta la definición de los mismos según Pettijohn, F.J. (1963).

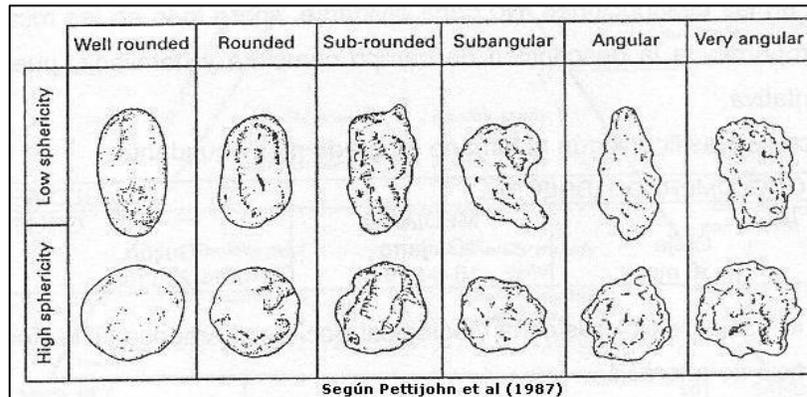


Figura 3.1 Grados de esfericidad y redondez para realizar la estimación visual durante el análisis morfosκόpico (Pettijohn et al, 1991).

3.2.5.1. Anguloso

Son granos que muestran poco o nada de desgaste; las aristas y los vértices son agudos. Presentan numerosos vértices secundarios (15-30) y agudos.

3.2.5.2. Subanguloso

Muestran los efectos típicos del desgaste. Los fragmentos mantienen todavía su forma primitiva, y las caras están visualmente intactas; pero las aristas y los vértices han sido redondeados en cierto grado. Los vértices secundarios son numerosos (10 – 20), pero menos que en los angulosos.

3.2.5.3. Subredondeado

Muestran considerable desgaste, las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves, y la superficie de las caras primitivas se encuentra bastante reducida, pero se mantiene todavía la forma primitiva del grano. Vértices secundarios muy redondeados en número reducido (5 -10).

3.2.5.4 Redondeado

Caras originales completamente destruidas, pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias. Vértices secundarios muy suavizados y escasos (0 – 5). Es posible reconocer la forma primitiva.

3.2.5.5. Bien redondeado

Sin caras originales, sin aristas ni vértices. La superficie consta totalmente de curvas amplias; carece de áreas planas y de aristas secundarias. La forma original se reconoce por la forma actual del grano.

3.2.6 Mapa geológico

Un mapa geológico es la representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie terrestre y los tipos de contactos entre ellas. Para distinguir las rocas se utilizan colores. En un mapa geológico también se reflejan las estructuras tectónicas (pliegues y fallas), yacimientos fósiles, fuentes, recursos minerales, etc. (Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (2011))

Un mapa geológico, expresa una combinación de hechos observados e interpretaciones; muestra la distribución en la superficie terrestre, de los diferentes tipos de rocas agrupados en unidades de naturaleza diversa, también proporciona información acerca de la geometría de las estructuras y la historia geológica de la región. El objetivo de la lectura del mapa, es obtener una visión general de la zona

que nos permita tener una base de observación para interpretaciones subsecuentes. (Silva G. et al, 2016)

3.2.7 Diagrama de Rosas

Un diagrama de rosas (Figura 3.2), también conocido como roseta o rosa de diaclasas, es un diagrama sencillo para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras tabulares (diques, vetas) y de planos tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el manteo o la dirección de inclinación (Ramsay, 1991). En conclusión, se puede describir este diagrama como un histograma de forma redonda.

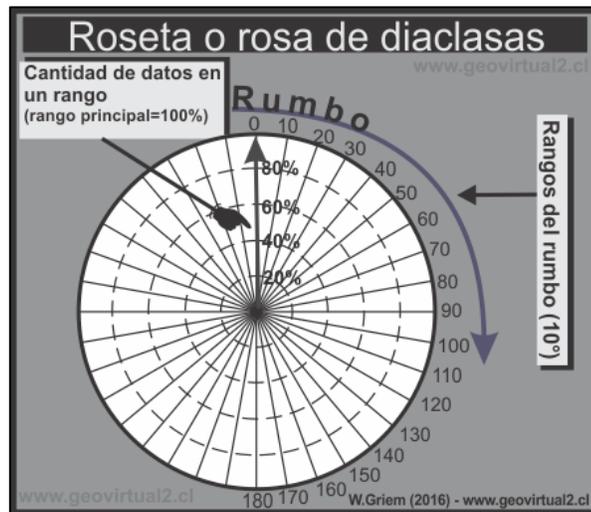


Figura 3.2. Diagrama de rosas, roseta o rosa de diaclasas. (W. Griem, 2019)

3.2.8 Análisis granulométrico

Según Bowles, J. (1981), “es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelos dada. Para ello, se agrupan en un rango de tamaños las distintas partículas del suelo, a

través del tamizado. La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, conocida como curva de distribución granulométrica”.

3.2.9 Mapa geomorfológico

El mapa geomorfológico es una cartografía basada en la interpretación genética del paisaje reciente y orientada a la planificación del territorio y la ordenación ambiental. Este mapa proporciona una información estructurada y precisa de los depósitos superficiales y las formas del terreno. Su leyenda, inspirada en la del mapa geológico, presenta una doble entrada: morfogenética y cronológica.

Los elementos del mapa reciben un color en función de su asignación morfogenética. Las formas, erosivas y deposicionales están representadas en el mapa por símbolos y tramas cuyo color está dictado por su morfogénesis. Los depósitos o formaciones superficiales, que aportan información litológica, se expresan mediante recintos de color diferente según su cronología, dentro de una gama asignada por el criterio genético. (Instituto Geológico y Minero de España, 2014)

Por otra parte, García y Serrano (2017), indican que el mapa geomorfológico es una cartografía temática de orden geológico que muestra las formas del terreno, su distribución y las relaciones entre sí. Posee una gran utilidad ya que constituye una exhaustiva base de datos sobre el terreno sobre el que nos movemos con aplicaciones tanto académicas como profesionales. No obstante, presenta gran complejidad.

3.2.10 Unidades taxonómicas

A continuación, se presenta la descripción de las unidades taxonómicas que participan en la composición de las unidades cartográficas delineadas en el mapa

geomorfológico. Estas unidades, representan los tipos de paisajes presentes en el área de estudio.

Para cada caso, se señalan las características generales del paisaje. Así mismo, se especifican los tipos de relieves componentes, la génesis y evolución. Todo el apartado, es tomado de las definiciones propuestas por C.V.G TECMIN (1994).

3.2.10.1. Lomerío

Representa un paisaje de disección en el cual los procesos erosivos han actuado de manera intensa, conformando un relieve escarpado, con pendientes que oscilan entre 8% y 60%, intermedio entre paisajes más conservados, como las montañas y las altiplanicies. Se caracteriza por estar constituido por lomas, las cuales presentan una cierta orientación siguiendo los “trends” o tendencias estructurales que dominan el área o el diaclasamiento que afecta a algunas rocas.

El drenaje, presenta por lo general, un patrón dendrítico medianamente denso, aunque también puede conformar un patrón rectangular a paralelo, cuando se desarrollan sobre rocas pseudo estratificadas.

De manera dominante, está compuesto por relieves de loma, las cuales se alternan con vegas, generando un conjunto homogéneo. De manera menos representativa y según la litología donde se desarrolle la unidad, pueden aparecer domos, glacis coluviales y diques.

La génesis y la evolución de este paisaje se produce por la acción intensa de los procesos de erosión, los cuales han generado una disección bastante fuerte. Las causas de esta pueden estar relacionadas a variaciones de carácter litológico o debidas a un diaclasamiento más intenso de las rocas.

3.2.10.2 Peniplanicie

Conforma una extensión casi plana por rebajamiento del nivel original; sin embargo, aunque la peneplación generalizada es el elemento que se destaca, presenta todavía desniveles en los relieves de colinas y vegas alternas, que le dan en algunos casos aspectos multiconvexo, con pendientes suavemente onduladas a onduladas (4% - 8% y 8% - 16%, respectivamente).

Los relieves componentes, por lo general están ligados a procesos de aplanamiento, en este sentido son las colinas y las vegas los que la caracterizan. En algunos aparecen glaciares coluviales en áreas de transición entre las colinas y las vegas.

La génesis y la evolución de las peniplanicies están ligadas a eventos tectónicos y a su posterior rebajamiento por acción de los procesos erosivos; en este sentido, la evolución es larga y compleja, debido a que la combinación de estos procesos en largos períodos de tiempo genera una peneplanación con formas multiconvexas asociadas a relieves residuales.

3.2.11 Tipos de relieve

De acuerdo a C.V.G Técnica Minera (1994), se describen los relieves que componen las unidades taxonómicas previamente descritas. No obstante, es necesario aclarar que, estas descripciones encajan con los porcentajes de pendientes que aplican para nuestro caso de estudio, como será descrito en el capítulo V.

3.2.11.1 La loma

Este tipo de relieve se ha modelado sobre rocas graníticas, formando elevaciones de 10 m a 50 m de desnivel, convexas, con pendientes de 8% a 16%. La meteorización de la roca madre ha contribuido en la formación de suelos de diversas profundidades asociados a afloramientos rocosos. El proceso erosivo predominante es el escurrimiento difuso, aunque puede presentarse localmente a modo de surcos.

3.2.11.2. El glacis coluvial

Constituye la fase de deposición del material detrítico proveniente de las lomas y la transición de estas hacia las vegas. La naturaleza del material parental permite el desarrollo de suelos profundos, muy evolucionados, con alto contenido de arcilla, clasificados como Ultisoles. El escurrimiento difuso predomina como el tipo de erosión generalizado, con tendencia a surcos de manera localizada.

3.2.11.3. La vega (de lomerío)

La vega, está condicionada por los canales de escurrimiento concentrado, en los cuales ocurren aportes laterales y longitudinales que permiten el desarrollo de suelos profundos de alto a bajo grado evolutivo clasificados como Ultisoles. La pendiente es bastante suave, oscilando entre 0 y 4%, sobre la topografía aplanada de origen coluvio-aluvial.

3.2.11.4 Colina

Son relieves de perfil convexo, muy rebajados debido a la actividad de los procesos erosivos que los han afectado. La forma topográfica es suavemente ondulada, con pendientes entre 4% y 8%. Se desarrollan sobre rocas graníticas del

Complejo de Imataca y, a su vez sobre diabasas, gabros y cuarcitas ferruginosas. La erosión es por escurrimiento difuso a modo de surcos locales.

3.2.11.5 Vega (de peniplanicie)

Corresponde el relieve más bajo o deprimido de su unidad taxonómica. Con pendientes entre 0 y 4%, sobre formas planas y alargadas, adyacentes a los cursos de agua, los cuales eran de régimen tanto permanente como intermitente, cuyas deposiciones laterales son de naturaleza coluvio – aluvial.

3.2.12 Planicie

Este tipo de paisaje consta de una superficie plana, con pendientes generalmente que van de 0 a 4%, derivando en perfiles rectilíneos, plano-cóncavos y plano-convexos, especialmente, para los lugares donde no hay mayores efectos de disección y perfiles irregulares donde la acción de las aguas ha entallado considerablemente la superficie.

Los relieves que componen este paisaje, generalmente, son superficies planas, como las llanuras de erosión, de inundación, aluvial y las vegas, que pueden contener ciertas elevaciones residuales de bajo desnivel, tales como las colinas, sin destacar las inclusiones de otros tipos de relieves, como las lomas y domos.

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Inconformidad

Según Méndez Baamonde (2006), cuando la discontinuidad o discordancia se produce por la separación de rocas ígneas, metamórficas o intrusivas más antiguas de los estratos sedimentarios más jóvenes, se denomina inconformidad.

3.3.2 Rumbo y buzamiento

El buzamiento se define como el ángulo de inclinación de una capa de roca o una falla medido desde la horizontal. La dirección de buzamiento se determina en ángulo recto con la dirección de la capa. Por otro lado, el rumbo se define como el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida mediante la intersección de un estrato inclinado, o falla, con un plano horizontal. El rumbo se suele expresar como el valor de un ángulo en relación con el norte magnético según (Tarbuck, E. y Lutgens, F., 2005).

De forma más puntual, Romo, G. et al. (2006) define el rumbo como una de las direcciones de la recta horizontal contenidas en el plano, recta definida por la intersección de un plano inclinado, por caracterizar, con un plano horizontal. A su vez, se le llama al buzamiento (dip) como “Echado” en esta bibliografía e “indica la inclinación de la recta de pendiente máxima; recta definida por la intersección del plano en cuestión con un plano vertical (perpendicular al rumbo)”.

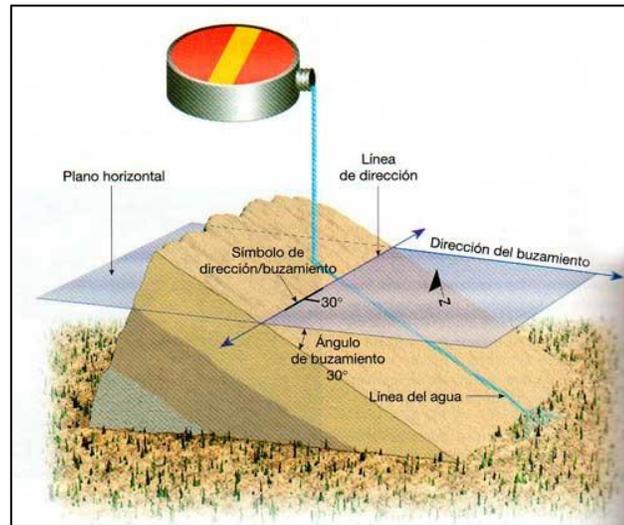


Figura 3.3 Dirección y Buzamiento de un estrato rocoso. (Tarbuck y Lutgens, 2005).

3.3.3 Rocas sedimentarias

Se derivan de rocas preexistentes ígneas, metamórficas, y también sedimentarias, sobre las cuales actúan procesos de meteorización y erosión, así como por procesos químicos y bioquímicos. (Méndez Baamonde, 2006)

3.3.4 Capa o estrato

La estratificación se expresa por unidades de roca de forma generalmente tabular o lenticular, que poseen alguna unidad litológica o estructural y se distinguen de otros estratos con los cuales están intercalados. Este término se emplea para capas mayores a 1cm de espesor. (Méndez Baamonde, 2006)

3.3.5 Arenisca

Roca sedimentaria común compuesta por granos y partículas de cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas como constituyentes principales. (Méndez Baamonde, 2006)

3.3.6 Roca metamórfica

Roca formada por la modificación de rocas existentes, sean ígneas, sedimentarias o metamórficas, en el interior de la Tierra (pero, todavía en estado sólido) por acción del calor, presión y/o fluidos químicamente activos (Méndez Baamonde, 2006).

3.3.7 Protolito

Este término hace referencia a la roca original, previa a la ocurrencia del metamorfismo (Méndez Baamonde, 2006).

3.3.8 Gneis

Son rocas metamórficas derivadas del metamorfismo de grado alto. Este término, se aplica a rocas bandeadas con minerales granulares y alargados. Los minerales más comunes son el cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas, con accesorios de moscovita, biotita y hornblenda (Méndez Baamonde, 2006).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Existen muchos modelos y diversas clasificaciones, no obstante, Arias (2012), clasifica los tipos de investigación de acuerdo con su nivel, su diseño y su propósito. Sin embargo, el citado autor, señala que “independientemente de su clasificación, todos son tipos de investigación y al no ser excluyentes, un estudio puede ubicarse en más de una clase”.

En este orden de ideas, Arias (2012), define la investigación descriptiva como “la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.” También, define la investigación exploratoria como “aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos”.

Por consiguiente, la presente investigación se define de acuerdo con su nivel, de tipo exploratoria y según el propósito de tipo descriptiva. En el caso de exploratoria, se debe a que los autores se aproximarán al evento poco conocido, que posee escasa base bibliográfica, que impide desarrollar en una investigación de mayor envergadura y sus resultados serán una aproximación a la realidad, en apoyo con una caracterización geológica y estructural del área de estudio, coherentes con la investigación descriptiva, que permita establecer el porqué del comportamiento de las estructuras y unidades geológicas sometidas a estudio. Se valida la presencia de dos tipos de investigación, porque ellos no corresponden a eventos excluyentes.

4.2 Diseño de la investigación

Arias (2012), en su obra “El Proyecto de Investigación”, define la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental.” Además, el autor hace hincapié en que “también se emplean datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico”

Según Arias (2012), en el libro previamente citado, la investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.”

En este orden de ideas, se establece que el diseño de la investigación será de campo y documental.

4.3 Población y muestra

Según Arnau (1980) en Hurtado (2000), en su obra Metodología de Investigación Holística, la población “se refiere a un conjunto de elementos, seres o eventos, concordantes entre sí en cuanto a una serie de características, de las cuales se desea obtener alguna información”.

La población de esta investigación corresponde al fundo La Ceibita, situado en el sector Amaruca del municipio Angostura del Orinoco. Dicha población cuenta con una extensión de cuatrocientas trece (413) hectáreas.

Según Hurtado (2000), la muestra “es una porción de la población que se toma para realizar el estudio, la cual se considera representativa (de la población)”. También, indica que “para conformar una muestra es necesario seleccionar cuáles de las unidades de estudio serán observadas” definiendo así el muestreo.

Según Arias (2012), el muestreo puede ser probabilísticos o al azar y no probabilísticos. En esta investigación, se empleó el muestreo no probabilístico, que según el autor mencionado, se define como “un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra.” Para esta investigación, se usó el muestreo no probabilístico de tipo intencional u opinático, en la cual “los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador”.

La muestra de esta investigación es finita, y corresponde a once (11) muestras de rocas provenientes de cinco (5) estaciones, desglosadas a continuación. En la estación 1, se recolectaron tres (3) muestras; en la estación 2 y en la estación 3, se recolectó solo una (1) muestra, respectivamente, y en la estación 4 se recolectaron cuatro (4) muestras de rocas. Además, se incluyen dos (2) muestras de rocas provenientes de la estación 5, en conjunto a cinco (5) muestras de sedimentos, los cuales fueron transportados por el río La Candelarita.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Según Arias (2012), “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información”.

4.4.1.1 Observación

La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos (Arias, 2012).

4.4.1.2 Revisión documental

Es el proceso mediante el cual, un investigador recopila, revisa, analiza, selecciona y extrae información de diversas fuentes, acerca de un tema particular (su pregunta de investigación), con el propósito de llegar al conocimiento y comprensión más profundos del mismo (Hurtado, 2000).

En base a lo anteriormente expuesto, se establecen como técnicas de recolección de datos la observación y revisión documental para la realización de esta investigación.

4.4.1.3 Instrumentos de recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información (Arias, 2012).

Los instrumentos de recolección de datos fueron: brújula, GPS, bolsas plásticas, pala, piqueta, mandarina, cinta métrica, libretas de campo, mapas cartográficos, cámara fotográfica, entre otros.

4.5 Etapas de la investigación

A continuación, se presenta en la Figura 4.1, el flujograma con todas las fases y actividades a realizadas, durante el desarrollo de la investigación.

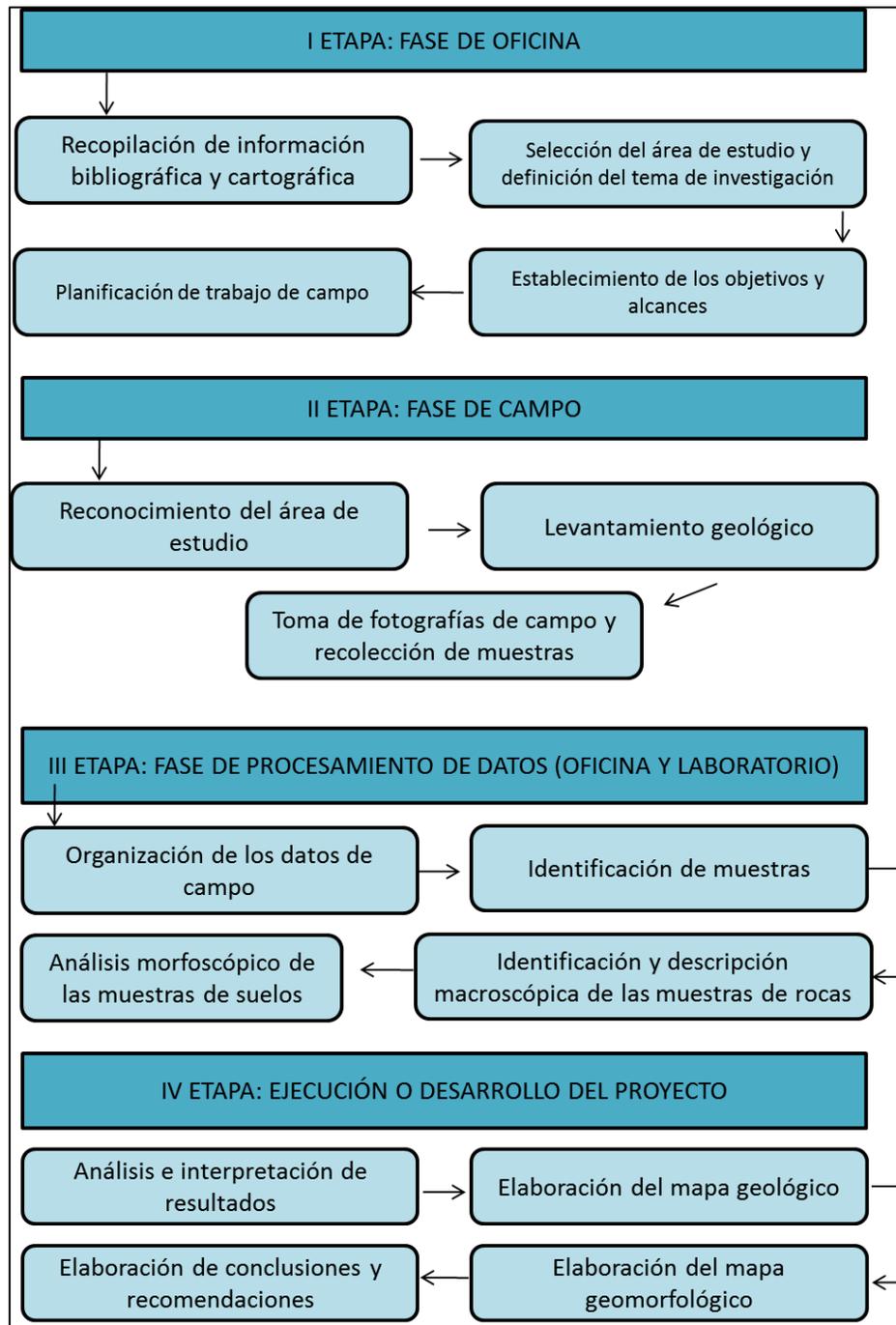


Figura 4.1 Flujograma de actividades de las etapas de investigación

4.5.1 Etapa I: fase de oficina

La fase de oficina da su inicio con la recopilación bibliográfica y cartográfica del área de estudio. Para la recopilación, se emplearon los libros disponibles en la biblioteca de Instituto Geológico y Minero Región Guayana (INGEOMIN) y, como apoyo secundario, revistas y publicaciones de la web. La información cartográfica, se obtuvo directamente de la base de datos de INGEOMIN. El apoyo fundamental, que lo constituyen los mapas de la zona NC-20-14, fueron obtenidos de las investigaciones realizadas por la Corporación Venezolana de Guayana: Técnica Minera (CVG TECMIN), disponibles en la actualidad en la biblioteca de INGEOMIN.

Posteriormente, haciendo uso de las hojas cartográficas, seleccionamos el área en donde se realizaría la investigación de campo, la cual se encuentra ubicada en la Provincia Geológica de Imataca, geográficamente al este-sureste de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. De acuerdo a lo establecido en los mapas geológicos, se determinó que el área de estudio, pertenece a la Provincia Geológica de Imataca situado en las cercanías del sector Amaruca.

Teniendo recolectados los datos, procedimos a definir el objetivo general, así como los objetivos específicos y el alcance de la investigación, y así, en este orden de ideas, realizar la planificación de las actividades a realizar en campo.

4.5.2 Etapa II: fase de campo

Esta etapa consistió en realizar los estudios geológicos pertinentes en el área de interés, mediante salidas de campo. La fase de campo fue dividida en tres partes:

4.5.2.1 Reconocimiento del área de estudio

Es menester realizar una inspección del área a la cual se le realizó el levantamiento geológico. Por consiguiente, se observaron minuciosamente las estaciones de estudio, dando una perspectiva visual de las litologías y estructuras geológicas.

4.5.2.2 Levantamiento geológico (estaciones de estudio)

Se realizaron levantamientos geológicos en cinco estaciones (Figura 4.2). A cada estación se determinaron con el GPS, las coordenadas y las cotas. Las primeras cuatro estaciones corresponden a afloramientos en la zona, mientras que la última estación corresponde a un canal del río Candelarita.

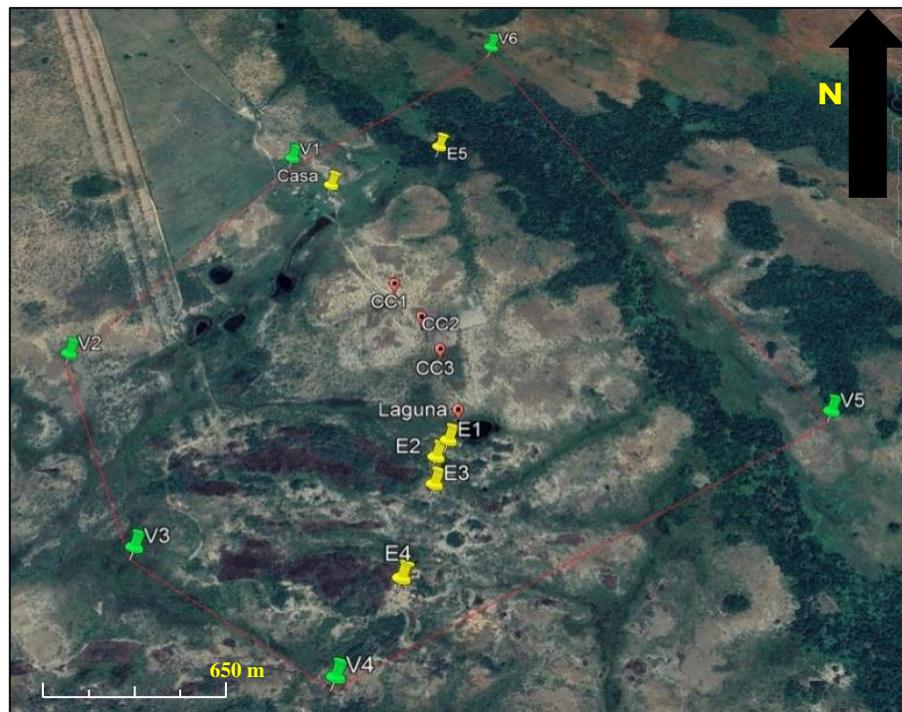


Figura 4.2. Imagen satelital con el área a estudiar delimitada y con las estaciones identificadas. (Modificado de Google Earth, 2022)

➤ Estación 1: En la misma, se realizó la geo-referenciación y levantamiento de diaclasas, de las cuales fue medida su abertura y espaciamiento mediante el uso de una cinta métrica. A través de la brújula se determinó el rumbo y buzamiento de las mismas. Se tomaron muestras de rocas de acuerdo a la variación mineralógica existente. Es necesario destacar que la estación 1, se sitúa a 1.26 kilómetros de la casa presente en el asentamiento campesino.

➤ Estación 2: Situada a 80 metros de la estación 1, en la cual se realiza la geo-referenciación a través del GPS, levantamiento de las estructuras presentes, entre las que figuran diaclasas y pliegues. De forma análoga a la estación 1, se clasificaron las diaclasas. Finalmente, se midió el espaciamiento y abertura de dichas estructuras con apoyo de la cinta métrica. Se recolectaron muestras de rocas de acuerdo a la variación de los minerales presentes en las mismas.

➤ Estación 3: Situada a 100 metros de la estación 2. De forma análoga a las estaciones previas, se tomaron muestras de roca, midieron rumbos y buzamiento de las diaclasas y pliegues presentes. Finalmente, se realizó la geo-referenciación pertinente para la posterior elaboración de los mapas.

➤ Estación 4: Constituida por una zona previamente explotada, la cual, no se encuentra operativa en la actualidad. Situada a 351 metros de la estación 3, en la cual, además de realizar la geo-referenciación, se tomaron muestras de roca, determinación de las actitudes de las estructuras (rumbo y buzamiento) con el uso de la brújula. Además, se realizó la observación de una inconformidad compuesta por dos litologías sedimentarias paralelas reposando sobre una litología metamórfica.

➤ Estación 5: Se obtuvieron además de coordenadas y cota por GPS, medición de rumbo y buzamiento de diaclasas y toma de muestras de roca, también se incluyó

para el canal del río, la toma de cinco (5) muestras de sedimentos, con el propósito de estudiar su grado de transporte en la ETAPA III.

4.5.2.3 Toma de fotografías de campo y recolección de muestras

Se tomaron fotografías generales del área de estudio por estación, las cuales se pueden apreciar en la Figura 4.3. En total se recolectaron entre todas las estaciones, un total de doce (12) muestras de roca y cinco (5) muestras de sedimentos.



Figura 4.3 Fotografías generales de las estaciones de estudio. Los números representan la estación.

4.5.3 Etapa III: fase de procesamiento de datos (oficina y laboratorio)

En esta etapa, se organizaron todos los datos obtenidos en campo a lo largo de 4 visitas, tales como: rumbo y buzamiento, abertura y espaciamiento (en el caso que aplicase) de las diaclasas, clasificación en apoyo a los conocimientos previos y apoyo bibliográfico de las mismas, organización en tablas de las coordenadas UTM y cota de cada estación, asignación de una nomenclatura de trabajo por muestra y estación. Para los investigadores, es un punto crucial para poder alcanzar de forma eficaz los objetivos planteados.

4.5.3.1 Organización e identificación de las muestras obtenidas en campo

En primera instancia, se organizaron las muestras por estación y posteriormente, fueron enumeradas sin orden aparente hasta agotar las muestras por estación. Para ello, se utilizó el código “EX-MX”, siendo “E” Estación. “X” el número de estación o muestra, según sea el caso. “M” la muestra. A modo de ejemplo, si tenemos “E5-M1”, esto quiere decir que, pertenece a la estación cinco (5), y corresponde a la muestra N° 1.

No existe una distinción entre la nomenclatura de las muestras de sedimentos y rocas, es decir, siguen los lineamientos indicados previamente. Esta aclaratoria es válida para la estación 5 (E5) puesto que, la misma consta únicamente de muestras de sedimentos. Para el caso de las diaclasas, se utilizó el código “EX-DX” siendo “E” Estación y “X” el número de la estación; “D” Diaclasa y “X” el número de la diaclasa correspondiente, reiniciándose su conteo por estación.

4.5.3.2 Descripción de las estructuras geológicas

En este apartado, fueron descritas todas las estructuras geológicas presentes en las cinco estaciones de estudio. En base a datos y fotografías de campo, se procedió a clasificar y especificar las características de las estructuras geológicas, como es el caso de su actitud (rumbo y buzamiento). Además, para las diaclasas, fue realizado un diagrama de rosas con el propósito de visualizar las direcciones de los rumbos generales de las estructuras y describirlas estadísticamente.

4.5.3.3 Elaboración de diagrama de rosas

La elaboración del diagrama de rosas fue posible a través del software “Visible Geology”. Los datos introducidos al software, corresponden a la dirección de rumbo de cada una de las diaclasas estudiadas en los afloramientos de las cinco estaciones.

4.5.3.4 Análisis morfoscópico de las muestras obtenidas en campo

Una vez secadas al horno las cinco muestras de suelo de la estación cinco, como fue indicado en el apartado 4.5.3.1, se procedió a realizar un tamizado en seco. Para ello, se procede a homogeneizar y cuartear las muestras, hasta obtener una de 500 gr. Posteriormente, se arreglan los tamices en la secuencia 4, 10, 20, 30, 60, 140, 200, PAN (bandeja), los cuales poseen aberturas de 4,75 mm; 2 mm; 0,85 mm; 0,59 mm; 0,210 mm; 0,105 mm; 0,075 mm y 0,0625 mm, respectivamente. A continuación, se introducen los 500 gr previamente pesados y disgregados. Asimismo, se colocan en el tamizador durante quince (15) minutos.

Una vez tamizados, se pesa cada tamiz individualmente, con el propósito de realizar un análisis granulométrico que permita obtener una curva granulométrica “% Retenido Acumulado” en el eje de las ordenadas vs. “Abertura de Tamiz (mm)”

en el eje de las abscisas para establecer la selección del curso fluvial. Finalmente, se toma el material retenido en el tamiz N° 30 (Figura 4.4) y es almacenado e identificado con el propósito de ser estudiado en el microscopio estereográfico y efectuar el análisis pertinente.

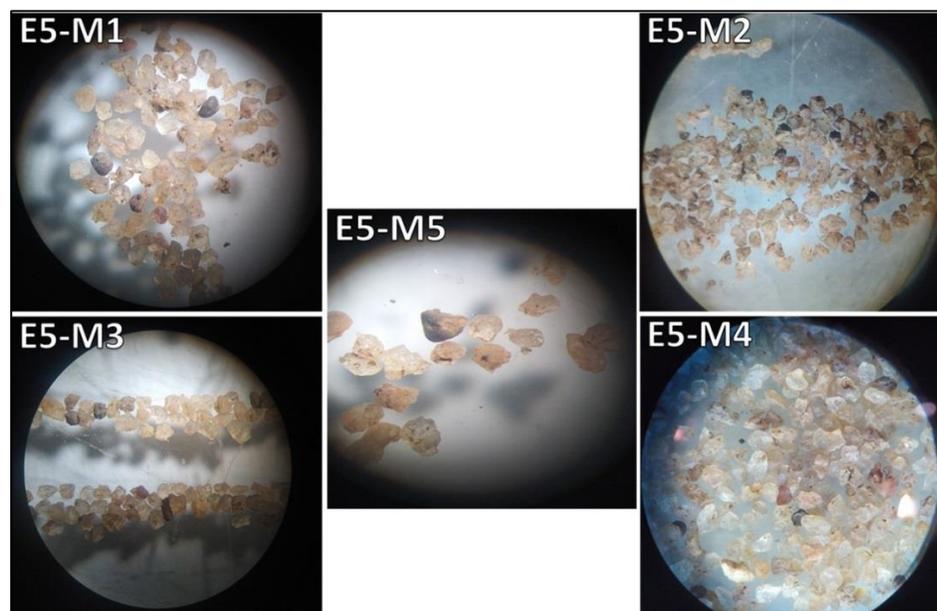


Figura 4.4 Representación del material retenido en el tamiz N° 30 por cada muestra de sedimento.

El método empleado para ejecutar el análisis morfosκόpico fue el “método al azar de Pettijohn” que consiste en realizar un conteo de 200 partículas por cada muestra de roca, con el apoyo de la tablilla de conteo y el portaobjeto. Con apoyo de estos instrumentos y el microscopio estereográfico (Figura 4.5), es posible clasificar la partícula de acuerdo a su forma en: muy angulosa, angulosa, sub-angulosa, sub-redondeada, redondeada, muy redondeada. Para ello, se comparan visualmente con la gráfica de estimación de redondez de partículas sedimentarias según Pettijohn (1991) disponible en la Figura 3.1.



Figura 4.5 Microscopio estereográfico con muestra de sedimento en el portaobjeto.

Luego, es necesario realizar un histograma de frecuencia, donde el eje de las ordenadas (Y) corresponde al porcentaje de las partículas y el eje de las abscisas (X) a la forma de las mismas. A posteriori, se puede establecer cualitativamente el grado de transporte sufrido por las partículas.

4.5.3.5 Elaboración del mapa geológico

En base a la información geológica y cartográfica recolectada y disponible en las hojas NC-20-14 de CVG TECMIN, fue posible elaborar un mapa geológico. El mismo presenta las estructuras geológicas estudiadas por estación, así como también la litología pertinente y asociación cronológica. La topografía fue integrada al mapa en base a los datos de las cotas y triangulación de estas. De forma general, en el mapa se aprecia la diversidad litológica que presenta la zona de estudio, las estructuras geológicas y topografía local.

Entre los softwares utilizados para la elaboración del mapa geológico se encuentran: Google Earth Pro, Global Mapper, AutoCAD 2019 y Microsoft Power Point (Integrado en Microsoft Office).

4.5.3.6 Elaboración del mapa geomorfológico

De forma análoga al mapa geológico, se utilizaron los programas anteriormente mencionados, para la elaboración del mapa base con curvas de nivel y a través del apoyo bibliográfico de la hoja NC-20-14 de CVG TECMIN, se pudo desarrollar el mapa geomorfológico que contempla los relieves presentes en el área delimitada. La leyenda geomorfológica se basó en las técnicas propuestas por CVG TECMIN (1994), según el cual se establecieron cuatro categorías que, de mayor a menor jerarquía, son: la unidad geoestructural, el sistema geomorfológico, el tipo de paisaje y el tipo de relieve. Adicionalmente, el principal criterio de definición consiste en los porcentajes de pendiente de los relieves encontrados.

4.5.4 Etapa IV: Ejecución o desarrollo del proyecto

En la presente, se interpretaron y analizaron los datos obtenidos en las etapas previas, permitiendo obtener resultados cualitativos y cuantitativos que serán presentados en el capítulo V de esta investigación.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Identificación de las muestras de campo

En el trabajo de campo realizado, se recolectaron 11 muestras de roca, a las cuales se les asignó su nomenclatura y fueron identificadas de acuerdo a su litología, los resultados se presentan a continuación en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Nomenclatura e identificación de las muestras tomadas en campo.

Estación	Coordenadas UTM – Huso 20	Descripción	Nomenclatura	Litología
1	N 887192 E 461684	Afloramiento rocoso a 1240 metros de la vivienda principal	E ₁ -M ₁	Gneis feldespático biotítico
			E ₁ -M ₂	Gneis biotítico
			E ₁ -M ₃	Gneis biotítico cuarzosos
2	N 887126 E 461641	Afloramiento rocoso a 90 metros de la Estación 1	E ₂ -M ₁	Gneis cuarzosos
3	N 887022 E 461633	Afloramiento rocoso a 260 metros de la estación 2	E ₃ -M ₁	Gneis biotítico
4	N 886690 E 461524	Cantera	E ₄ -M ₁	Gneis biotítico
			E ₄ -M ₂	Anfibolita
			E ₄ -M ₃	Arenisca limosa
			E ₄ -M ₄	Arenisca arcillosa
5	N 888592 E 461683	Canal del río Candelarita (a 370m de la vivienda principal)	E ₅ -M ₁	Anfibolita
			E ₅ -M ₂	Gneis biotítico

5.2.1 Estación 1

En la estación 1, se recolectó un total de tres (3) muestras de rocas, las cuales se reconocieron como gneises del Complejo de Imataca. A continuación, se presentan las descripciones macroscópicas y detalladas de cada una de las muestras.

5.2.1.1 Muestra E₁-M₁

La muestra E₁-M₁, presentada en la Figura 5.1, corresponde a un gneis feldespático biotítico del Complejo de Imataca. Es una roca de color rojo claro, de grano medio, de textura foliada (biotitas moderadamente foliadas), cuya composición mineralógica consta de un 40% de feldespatos, 30% de biotita, 15% de cuarzo y 15% de plagioclasas.



Figura 5.1 Muestra E₁-M₁. Gneis feldespático biotítico.

5.2.1.2 Muestra E₁-M₂

La muestra E₁-M₂, presentada en la Figura 5.2, corresponde a un gneis biotítico del Complejo de Imataca. Es una roca de color gris claro, de grano fino, de textura

granoblástica, débilmente foliada. Su composición mineralógica consta de 40% de plagioclasas, 35% de biotita, 15% de cuarzo, 5% de feldespato y 5% de hornblenda.



Figura 5.2 Muestra E₁-M₂. Gneis biotítico.

5.2.1.3 Muestra E₁-M₃

La muestra E₁-M₃, presentada en la Figura 5.3, corresponde a un gneis biotítico cuarzoso del Complejo de Imataca. Es una roca de color amarillo oscuro, de grano medio, de textura granoblástica, débilmente foliada, cuya composición mineralógica consta de 70% de plagioclasas, 20% de biotita y 10% de cuarzo.



Figura 5.3. Muestra E₁-M₃. Gneis biotítico cuarzoso.

5.2.2 Estación 2

En el caso de la estación 2, sólo se tomó una (1) muestra de roca, correspondiente a un gneis cuarzo feldespático del Complejo de Imataca, seguidamente se describirá el contenido mineralógico.

5.2.2.1 Muestra E₂-M₁

La muestra E₂-M₁, presentada en la Figura 5.4, corresponde a un gneis cuarzo feldespático. Es una roca de color gris claro, de grano medio a grueso, de textura granoblástica, débilmente foliada, cuya composición mineralógica consta de 30% de cuarzo, 25% de feldespato, 20% de biotita, 20% de plagioclasas y 5% de hornblenda.



Figura 5.4 Muestra E₂-M₁. Gneis cuarzo feldespático.

5.2.3 Estación 3

Al igual que en la estación 2, en la estación 3, se recolectó solo una (1) muestra de roca, la cual se identificó como un gneis biotítico del Complejo de Imataca, a continuación, se detalla el contenido mineralógico de la misma.

5.2.3.1 Muestra E₃-M₁

La muestra E₃-M₁, presentada en la Figura 5.5, corresponde a un gneis biotítico del Complejo de Imataca. Es una roca de color gris claro, de grano medio, de textura foliada (biotita notablemente foliada), cuya composición mineralógica consta de 40% de biotita, 40% de plagioclasa, 10% de cuarzo, 7% feldespato y 3% de anfíbol.



Figura 5.5 Muestra E₃-M₁. Gneis biotítico.

5.2.4 Estación 4

En la estación 4, se recolectaron cuatro (4) muestras, siendo dos (2) de estas, muestras de rocas metamórficas del Complejo de Imataca y dos (2) muestras de rocas sedimentarias de la Formación Mesa, de dos unidades estratigráficas que se encuentran formando una inconformidad.

5.2.4.1 Muestra E₄-M₁

La muestra E₄-M₁, presentada en la Figura 5.6, corresponde a un gneis biotítico del Complejo de Imataca. Es una roca de color gris oscuro, de grano medio, de textura foliada, con alternancia de bandas de biotita y plagioclasas, cuya composición

mineralógica consta de 40% de biotita, 40% de plagioclasa, 10% de cuarzo, 7% de feldespato y 3% de anfíbol.



Figura 5.6 Muestra E4-M₁. Gneis biotítico.

5.2.4.2 Muestra E4-M₂

La muestra E4-M₂, presentada en la Figura 5.7, corresponde a una anfíbolita del Complejo de Imataca. Es una roca de color negro, de grano medio, de textura nematoblástica, pobremente foliada, con una regular orientación en general, cuya composición mineralógica consta de 60% de anfíbol, 20% de biotita y 20% de plagioclasa. Esta muestra se encontró como un xenolito, asociada a un gneis feldespático biotítico (Figura 5.8).



Figura 5.7. Muestra E₄-M₂. Anfibolita.

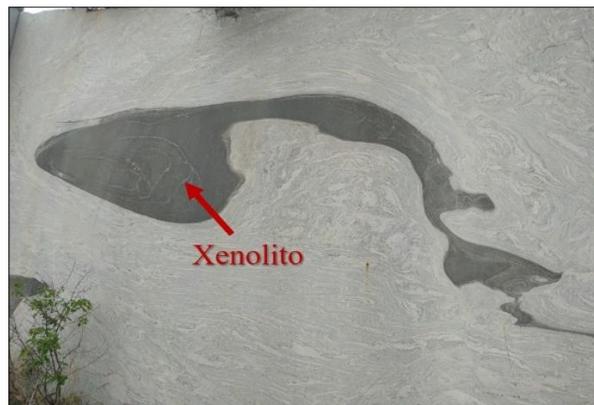


Figura 5.8 Xenolito de anfibolita presente en gneis biotítico.

5.2.4.3 Muestra E₄-M₃

La muestra E₄-M₃, presentada en la Figura 5.9, corresponde a una arenisca limosa de la Formación Mesa. Roca de color gris claro con presencia de delgadas laminaciones de color amarillo en menor proporción, de grano medio, de textura clástica; cuya composición mineralógica consta de 50% de cuarzo, 25% de plagioclasa y 25% de minerales de arcilla.



Figura 5.9 Muestra E₄-M₃. Arenisca limosa.

5.2.4.5 Muestra E₄-M₄

La muestra E₄-M₄, presentada en la Figura 5.10, corresponde a una arenisca arcillosa de la Formación Mesa. Roca de color pardo amarillento, de grano medio, de color pardo rojizo, moteado de gris claro, de textura clástica, cuya composición mineralógica consta de 80% de cuarzo y 20% de minerales de arcilla.



Figura 5.10 Muestra E₄-M₄. Arenisca arcillosa.

5.2.5 Estación 5

Finalmente, en la estación 5, se tomaron dos (2) muestras de rocas, siendo estas una anfibolita y un gneis biotítico del Complejo de Imataca; ahora se describirán los contenidos mineralógicos de ambas muestras.

5.2.5.1 Muestra E₅-M₁

La muestra E₅-M₁, presentada en la Figura 5.11, corresponde a una anfibolita. Es una roca de color negro, de grano medio, de textura nematoblástica, pobremente foliada, con una regular orientación en general, cuya composición mineralógica consta de 60% de anfíbol, 20% de biotita y 20% de plagioclasa.



Figura 5.11 Muestra E₅-M₁. Anfibolita.

5.2.5.2 Muestra E₅-M₂

La muestra E₅-M₂, presentada en la Figura 5.12, corresponde a un gneis biotítico. Es una roca de color gris, de grano medio, de textura foliada, con alternancia de bandas de biotita y plagioclasas, cuya composición mineralógica

consta de 40% de biotita, 40% de plagioclasa, 10% de cuarzo, 7% de feldespato y 3% de anfíbol.



Figura 5.12 Muestra E₅-M₂. Gneis biotítico.

5.3 Identificación de las estructuras geológicas

A continuación, se identifican y describen las estructuras geológicas presentes en cada una de las estaciones de estudio, incluyendo la actitud de las diaclasas observadas.

5.3.1 Estructuras geológicas de la estación 1

En la estación 1 se observa una diversidad de diaclasas, de forma específica, se cuenta con un total de quince (15) diaclasas inclinadas como las que se pueden evidenciar en las Figuras 5.13 y 5.14. También, se tienen cuatro (4) diaclasas verticales como el ejemplar de la Figura 5.15, y de forma análoga, se tiene una (1) paralela. Para la estación en cuestión, se tienen un total de veinte (20) diaclasas.



Figura 5.13 Diaclasa inclinada E_1-D_4 , de 2cm de abertura.



Figura 5.14. Diaclasa inclinada E_1-D_6 , de 2 cm de abertura.



Figura 5.15. Diaclasa vertical E₁-D₇, de 30 cm de abertura.

En la Figura 5.16, se pueden apreciar otro ejemplar de las diaclasas inclinadas, registradas mediante la inspección directa en campo en la estación 1.

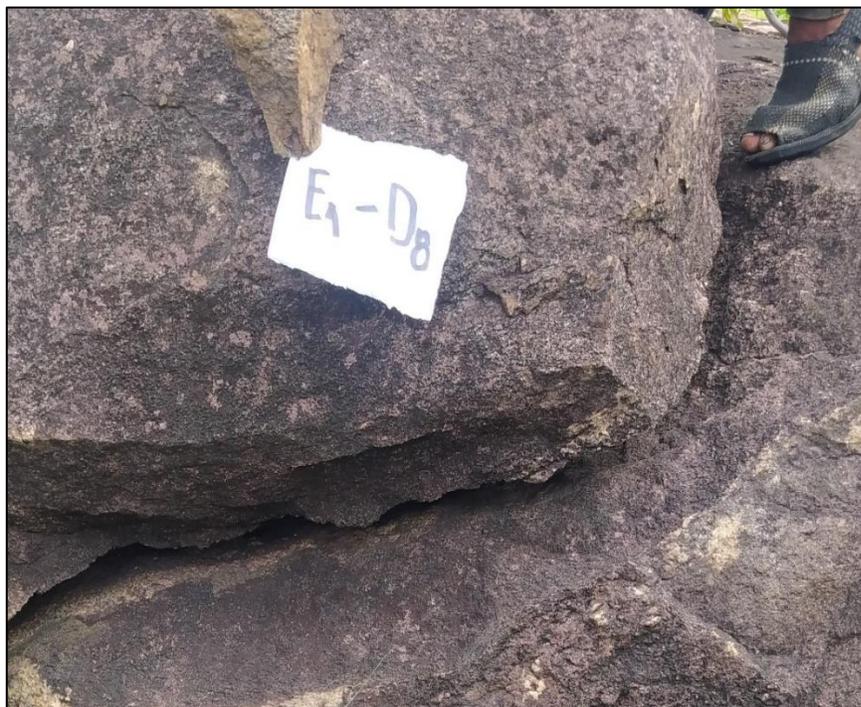


Figura 5.16 Diaclasa inclinada E₁-D₈, de 5 cm de abertura.

A continuación, se presenta la Tabla 5.2, en donde se detalla toda la información obtenida de las diaclasas observadas, incluyendo las actitudes de las mismas.

Tabla 5.2 Tabla de datos de diaclasas en la estación 1.

Estación 1				
Coordenadas UTM	Norte	887192 m	Este	461684 m
Tipo de diaclasa	Nombre	Abertura (cm)	Rumbo	Buzamiento
Inclinada	E ₁ -D ₁	34	S 86° W	8° NW
Inclinada	E ₁ -D ₂	10	S 50° E	55° SW
Inclinada	E ₁ -D ₃	13	N 57° W	40° NE
Vertical Paralela	E ₁ -D ₄	4	N 72° W	-
Inclinada	E ₁ -D ₅	40	N 52° W	36° SW
Inclinada	E ₁ -D ₆	2	N 20° E	23° NW
Vertical	E ₁ -D ₇	30	S 59° E	-
Inclinada Paralela	E ₁ -D ₈	D ₈ -1: 5	S 13° E	27° SW
		D ₈ -2: 5	S 13° E	30° SW
Vertical	E ₁ -D ₉	9	S 10° E	-
Inclinada	E ₁ -D ₁₀	9	S 15° E	28° SW
Inclinada	E ₁ -D ₁₁	16	S 35° E	39° SW
Inclinada	E ₁ -D ₁₂	7	S 31° E	31° SW
Inclinada	E ₁ -D ₁₃	14	S 28° E	35° SW
Inclinada	E ₁ -D ₁₄	28	S 26° E	27° SW
Inclinada	E ₁ -D ₁₅	19	N 50° W	35° SW
Vertical	E ₁ -D ₁₆	8	N 70° W	-
Inclinada	E ₁ -D ₁₇	15	E-W	10° N
Inclinada	E ₁ -D ₁₈	23	S 75° W	15° SE
Inclinada	E ₁ -D ₁₉	11	N 50° W	35° NE

5.3.2 Estructuras geológicas de la estación 2

La estación 2, posee estructuras del tipo pliegue, a diferencia de la estación 1 que contemplaba únicamente diaclasas; en las Figuras 5.17, 5.18 y 5.19, se pueden apreciar los pliegues presentes.



Figura 5.17 Pliegues de flujo en E₂-P₁.



Figura 5.18 Pliegue de flujo de tipo Zig-Zag, en E₂-P₂.

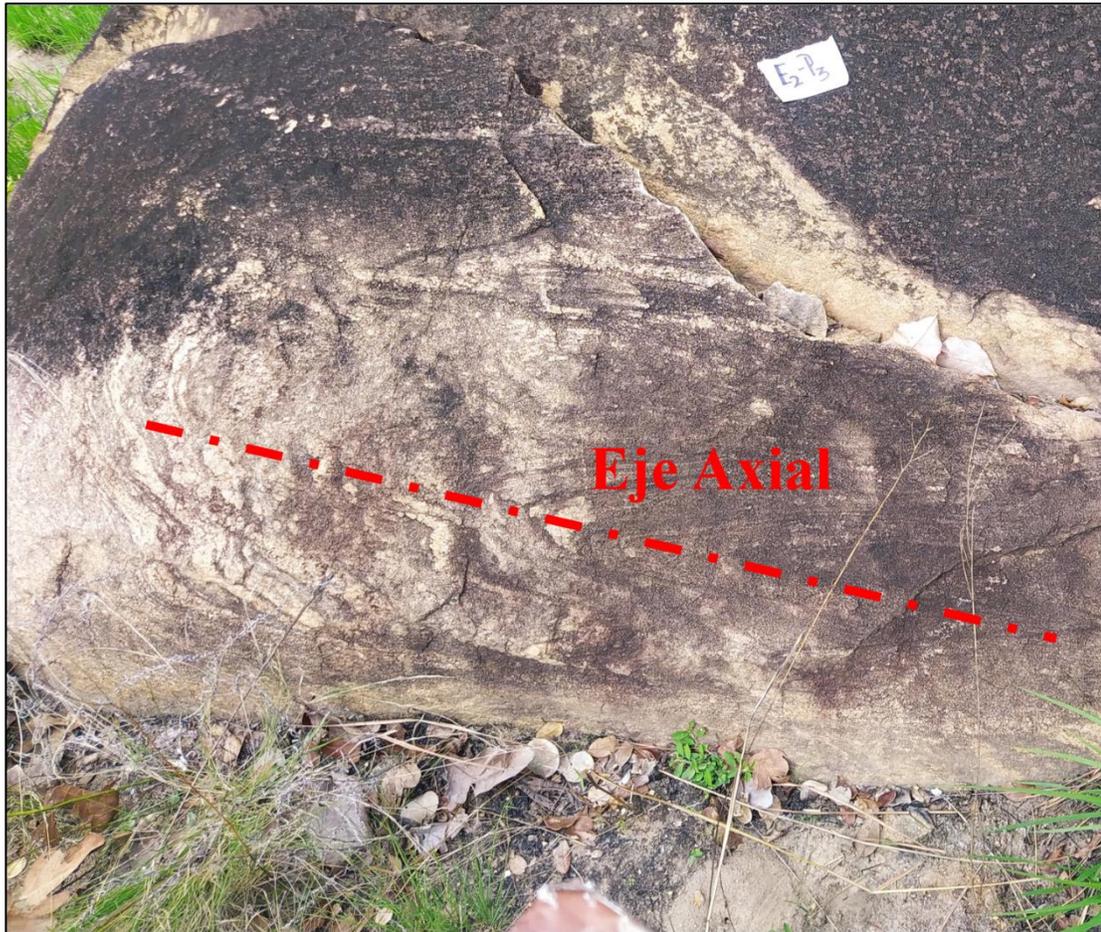


Figura 5.19 Pliegue de flujo tipo tumbado, atravesado por una diaclasa, en E₂-P₃.

5.3.3 Estructuras geológicas de la estación 3

De forma general, en la estación 3 se presentan principalmente diaclasas inclinadas, de rumbo preferencial N 45° W. También se pudo estudiar un ejemplar de diaclasas conjugadas verticales, que se muestra en la Figura 5.20.



Figura 5.20 Diaclasas conjugadas verticales E_3-D_{1-1} y E_3-D_{1-2} , que forman aproximadamente un ángulo recto.

En la Tabla 5.3, se detallan los datos obtenidos de la observación de las diaclasas en la estación 3.

Tabla 5.3 Tabla de datos de diaclasas en la estación 3

Estación 3				
Coordenadas UTM	Norte	887022 m	Este	461633 m
Tipo	Nombre	Abertura (cm)	Rumbo	Buzamiento
Conjugada vertical	E ₃ -D ₁	D ₁ -1:14	N 60° W	0°
		D ₁ -2:8	N 34° E	0°
Inclinada	E ₃ -D ₂	8	N 58° W	29° SW
Inclinada	E ₃ -D ₃	13	N 53° W	27° SW
Inclinada	E ₃ -D ₄	18	N 50° W	25° SW
Inclinada	E ₃ -D ₅	4	N 73° W	33° SW
Inclinada	E ₃ -D ₆	21	N 70° W	26° SW
Inclinada	E ₃ -D ₇	19	N 77° W	30° SW
Inclinada	E ₃ -D ₈	7	N 73° W	31° SW
Inclinada	E ₃ -D ₉	12	N 68° W	32° SW
Inclinada	E ₃ -D ₁₀	9	N 67° W	33° SW
Inclinada	E ₃ -D ₁₁	13	N 64° W	27° SW
Inclinada	E ₃ -D ₁₂	17	N 55°W	28° SW
Inclinada	E ₃ -D ₁₃	13	N 54° W	29° SW
Inclinada	E ₃ -D ₁₄	5	N 56 °W	24° SW
Inclinada	E ₃ -D ₁₅	6	N49° W	26° SW

Finalmente, en la estación 3 se pudo observar un pliegue de flujo de tipo zigzag tumbado, que se evidencia en la Figura 5.21.



Figura 5.21 Pliegue de flujo de tipo zigzag tumbado en roca alterada, E₃-P₁.

5.3.4 Estructuras geológicas de la estación 5

Se presenta a continuación, la Tabla 5.4 en donde se detallan las características de las diaclasas observadas en la estación 5, incluyendo sus actitudes.

Tabla 5.4 Tabla de datos de diaclasas en la Estación 5.

Estación 5				
Coordenadas UTM	Norte	888592 m	Este	461683 m
Tipo	Nombre	Abertura (cm)	Rumbo	Buzamiento
Inclinada	E ₅ -D ₁	65	S 35° E	60° NE
Vertical	E ₅ -D ₂	3.5	S 37° E	0°
Inclinada Paralela	E ₅ -D ₃	19	S 40° E	82° NE
Inclinada	E ₅ -D ₄	2	S 41° E	68° NE
Inclinada	E ₅ -D ₅	13	S 39° E	72° NE
Inclinada	E ₅ -D ₆	18	S 37° E	74° NE
Inclinada	E ₅ -D ₇	24	S 34° E	76° NE
Inclinada	E ₅ -D ₈	10	S 32° E	77° NE
Inclinada	E ₅ -D ₉	8	S 42° E	70° NE
Inclinada	E ₅ -D ₁₀	14	S 43° E	69° NE
Inclinada	E ₅ -D ₁₁	16	S 44° E	66° NE
Inclinada	E ₅ -D ₁₂	7	S 27° E	49° NE
Inclinada	E ₅ -D ₁₃	18	S 20° E	44° NE

En la estación 5, que hace referencia al canal del río “Candelarita”, se pudieron identificar y estudiar numerosas diaclasas, presentes en el lecho del río, el cual se encuentra principalmente formado por rocas metamórficas diaclasadas, del tipo anfibolita (Figura 5.22), apreciables entre los meses de febrero y mayo, debido a la sequía de este río tributario del río “Candelaria”. Esto facilitó el estudio de las mismas, encontrando un total de doce (12) diaclasas inclinadas, algunas de las cuales se pueden observar en el apéndice A.



Figura 5.22. Anfibilitas en el canal del río Candelarita en los meses secos del año.

5.4 Diagrama de Rosas

En esta sección, se encuentran tres (3) diagramas de rosas, que corresponden al estudio estadístico del rumbo de las diaclasas de las estaciones 1, 3 y 5, respectivamente.

5.4.1 Diagrama de rosas de la Estación 1

El diagrama de rosas de la Estación 1 (Figura 5.23) indica que, de veinte (20) diaclasas, se tiene una mayor tendencia hacia el NW y el SE. No obstante, recordando que el rumbo es bidireccional, se pueden globalizar a una misma dirección. A modo resumen, se logró establecer que el 30% de las diaclasas se sitúan en la dirección N 55°W, (pudiendo también acotarse S 55° E, por la naturaleza bidireccional del rumbo). De forma específica, se presentan los detalles en la Tabla 5.5.

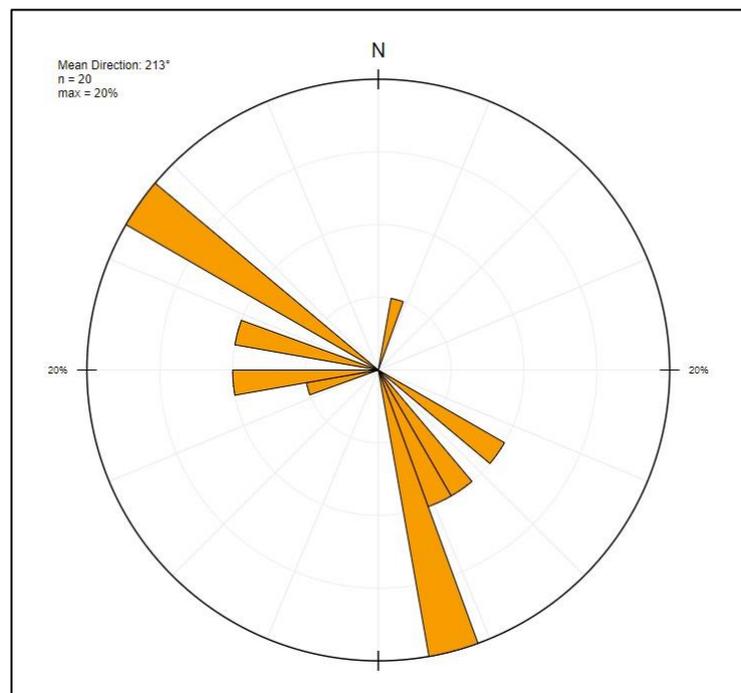


Figura 5.23 Diagrama de rosas de las diaclasas, Estación 1.

Tabla 5.5 Distribución porcentual de las diaclasas pertenecientes a la estación 1.

Datos del Rumbo	Cantidad de diaclasas	%
N (50° - 60°) W	4	20
N (70° - 80°) W	2	10
S (70° - 80°) W	1	5
S (80° - 89°) W y W	2	10
S (10° - 20°) E	4	20
S (20° - 40°) E	4	20
S (50° - 60°) E	2	10
N (10° - 20°) E	1	5

5.4.2 Diagrama de rosas de la Estación 3

El diagrama de rosas de la Estación 3 (Figura 5.24) indica que, de dieciséis (16) diaclasas, tiene una tendencia casi absoluta hacia el NW, con rumbo predominante entre N 40° - 50° W (Tabla 5.6).

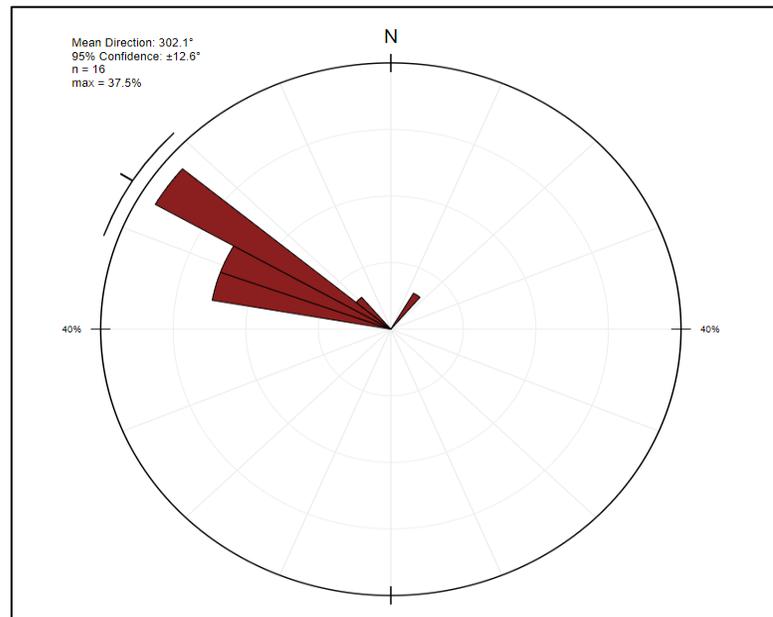


Figura 5.24 Diagrama de rosas de las diaclasas, de la Estación 3.

Tabla 5.6 Distribución porcentual de las diaclasas pertenecientes a la estación 3.

Datos del Rumbo	Cantidad de diaclasas	%
N (10° - 20°) W	4	25
N (20° - 30°) W	4	25
N (40° - 50°) W	6	37.5
N (50° - 60°) W	1	6.25
N (30° - 40°) E	1	6.25

5.4.3 Diagrama de rosas de la Estación 5

El diagrama de rosas de la Estación 5 (Figura 5.25), indica que el 100% de las diaclasas estudiadas (12) en la Estación 5, presentan un rumbo predominante hacia el S 40 °E De forma detallada, se presenta la Tabla 5.7 con el análisis específico de su distribución espacial según su rumbo.

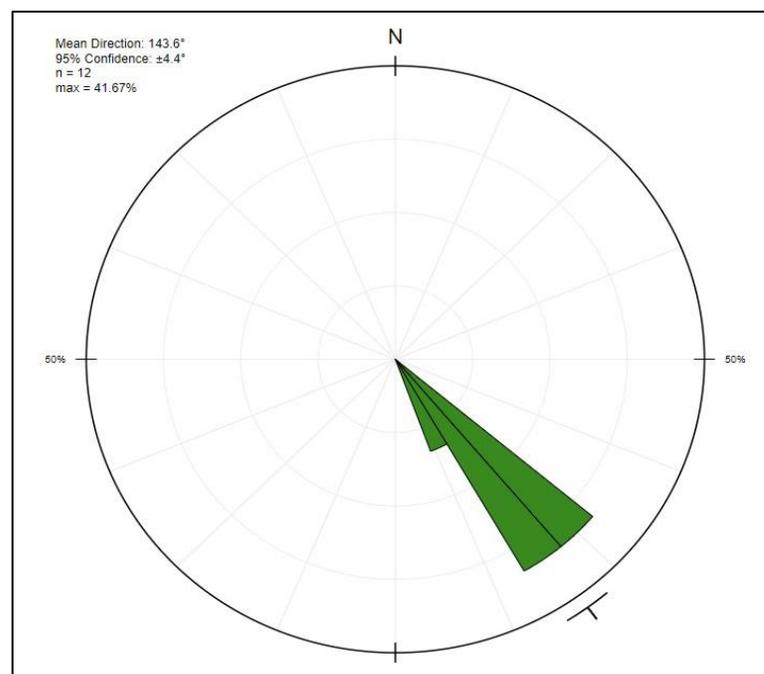


Figura 5.25 Diagrama de rosas de las diaclasas de la Estación 5.

Tabla 5.7 Distribución porcentual de las diaclasas de acuerdo al rumbo.

Datos del Rumbo	Cantidad de diaclasas	%
S (20° - 30°) E	2	16.67
S (30° - 40°) E	5	41.67
S (40° - 50°) E	5	41.67

5.5 Análisis morfoscópico

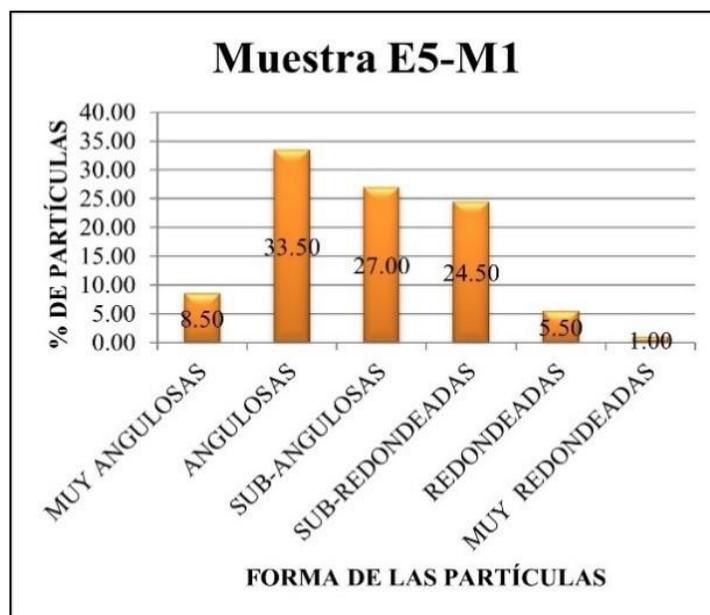
Se realizó el análisis morfoscópico a cada muestra de sedimento, las cuales fueron tomadas del canal del río Candelarita. Previo al análisis morfoscópico, se ejecutó un análisis granulométrico a cada una de las muestras tomadas, a fin de conocer su granulometría y obtener la porción retenida en el tamiz N° 30; los resultados obtenidos en este procedimiento se encuentran en el apéndice B. Fueron un total de cinco (5) muestras de sedimentos, cuyos resultados y análisis se muestran a continuación:

5.5.1 Análisis de la muestra E₅-M₁

La muestra E₅-M₁ corresponde a una arena muy gruesa, mal escogida con porciones considerables de gravillas, arena media y fina. En la Tabla 5.8 se muestra el resultado del conteo, el cual demuestra que mayormente las partículas son de forma angulosas (33.50%) con tendencia a ser sub-angulosas (27%) y sub-redondeadas (24.5%), además se observó la presencia de partículas muy angulosas (8.5%) y en menor cantidad partículas redondeadas (5.5%) y muy redondeadas (1%). En la Figura 5.26, se puede observar esta distribución, permitiendo concluir que los sedimentos correspondientes a la muestra E₅-M₁, han tenido un transporte “bajo a moderado”.

Tabla 5.8 Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía, de la muestra E₅-M₁.

Muestra E ₅ -M ₁	Forma de las partículas	N.º de partículas	% de partículas
	Muy angulosas	17	8.50
	Angulosas	67	33.50
	Sub-angulosas	54	27.00
	Sub-redondeadas	49	24.50
	Redondeadas	11	5.50
	Muy redondeadas	2	1.00
	Total	200	100.00

Figura 5.26 Distribución de la forma de las partículas de la muestra E₅-M₁.

5.5.2 Análisis de la muestra E₅-M₂

La muestra E₅-M₂ corresponde a una arena muy gruesa, moderadamente escogida, con porciones considerables de arena media y menores de gravillas. En la

Tabla 5.9 se muestra el resultado del conteo, el cual demuestra que mayormente las partículas son de forma sub-angulosa (36.84%) con tendencia a ser sub-redondeadas (29.19%) y angulosas (22.97%), además se observó la presencia de partículas muy angulosas (6.22%) y en menor cantidad, partículas redondeadas (4.78%), cabe destacar que no se observaron partículas muy redondeadas. En la Figura 5.27, se puede observar esta distribución, permitiendo concluir que los sedimentos correspondientes a la muestra E₅-M₂, han tenido un transporte “moderado”.

Tabla 5.9 Porcentajes de partículas según la morfoscopía de la muestra E₅-M₂.

Muestra E ₅ -M ₂	Forma de las partículas	N.º de partículas	% de partículas
	Muy angulosas	13	6.22
	Angulosas	48	22.97
	Sub-angulosas	77	36.84
	Sub-redondeadas	61	29.19
	Redondeadas	10	4.78
	Muy redondeadas	0	0.00
	Total	209	100

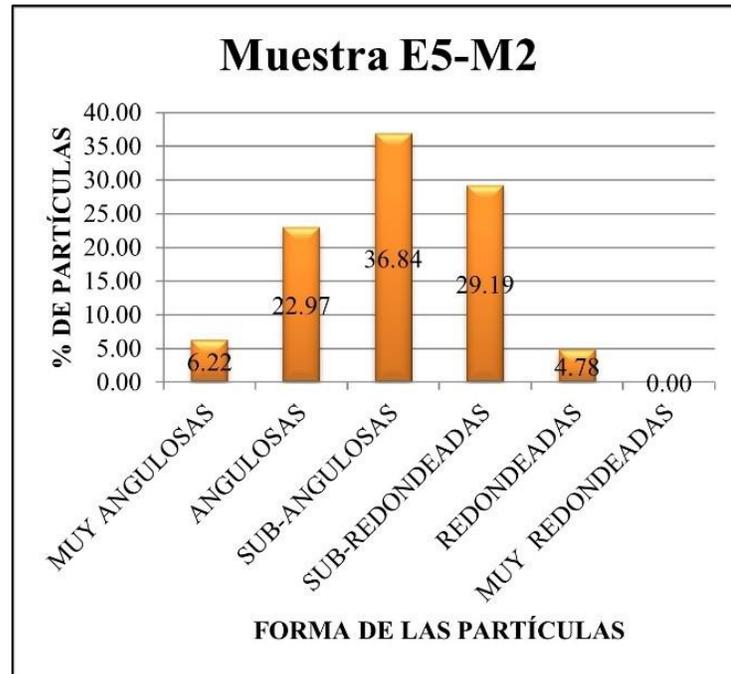


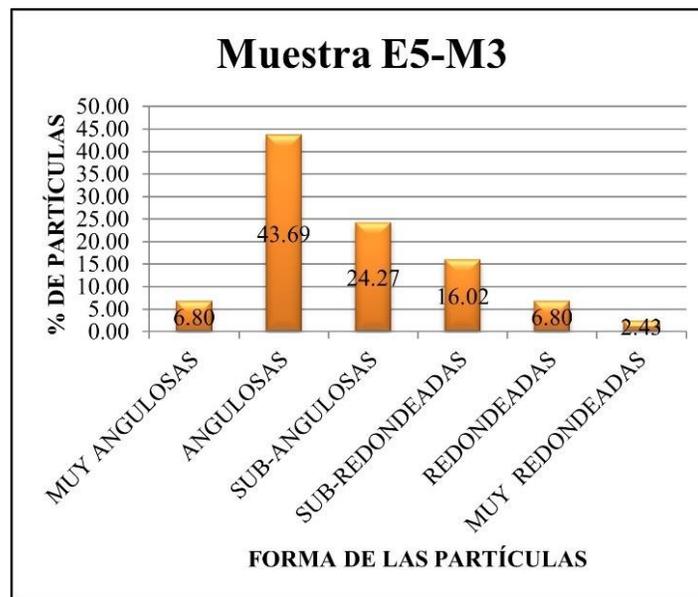
Figura 5.27 Distribución de la forma de las partículas de la muestra E₅-M₂.

5.5.3 Análisis de la muestra E₅-M₃

La muestra E₅-M₃ corresponde a una arena muy gruesa a media, moderadamente escogida, con porciones de gravillas. En la Tabla 5.10 se muestra el resultado del conteo, el cual demuestra que mayormente las partículas son de forma angulosa (43.69%) con tendencia a ser sub-angulosas (24.27%) y sub-redondeadas (16.02%), además se observó la presencia de partículas muy angulosas (6.80%) y redondeadas (6.80%), cabe destacar que se observaron pocas partículas muy redondeadas (2.43%). En la Figura 5.28, se puede observar esta distribución, permitiendo concluir que los sedimentos correspondientes a la muestra E₅-M₃, han tenido un transporte “bajo”.

Tabla 5.10 Porcentajes de partículas según la morfoscopia de la muestra E₅-M₃.

Muestra E ₅ -M ₃	Forma de las partículas	N.º de partículas	% de partículas
	Muy angulosas	14	6.80
	Angulosas	90	43.69
	Sub-angulosas	50	24.27
	Sub-redondeadas	33	16.02
	Redondeadas	14	6.80
	Muy redondeadas	5	2.43
	Total	206	100.00

Figura 5.28 Distribución de la forma de las partículas de la muestra E₅-M₃

5.5.4 Análisis de la muestra E₅-M₄

La muestra E₅-M₄ corresponde a una arena muy gruesa a media, bien escogida, con porciones de arena gruesa y media. En la Tabla 5.11 se muestra el resultado del conteo, el cual demuestra que mayormente las partículas son de forma sub-angulosa (38%) con tendencia a ser sub-redondeadas (23%) y angulosas (21%), además se observó la presencia de partículas redondeadas (8.50%) y muy angulosas (6.5%), cabe destacar que se observaron pocas partículas muy redondeadas (3%). En la Figura 5.29, se puede observar esta distribución, permitiendo concluir que los sedimentos correspondientes a la muestra E₅-M₄, han tenido un transporte “moderado a bajo”.

Tabla 5.11 Porcentaje de partículas según la morfoscopía de la muestra E₅-M₄.

Muestra E ₅ -M ₄	Forma de las partículas	N.º de partículas	% de partículas
	Muy angulosas	13	6.50
	Angulosas	42	21.00
	Sub-angulosas	76	38.00
	Sub-redondeadas	46	23.00
	Redondeadas	17	8.50
	Muy redondeadas	6	3.00
	Total	200	100.00

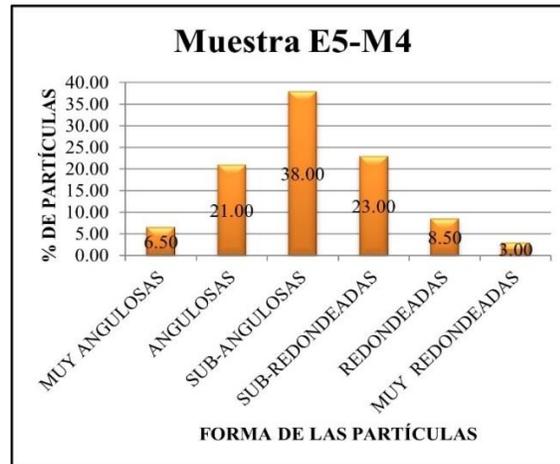


Figura 5.29 Distribución de la forma de las partículas de la muestra E₅-M₄.

5.5.5 Análisis de la muestra E₅-M₅

La muestra E₅-M₅ corresponde a una arena muy gruesa. En la Tabla 5.12 se presenta el resultado del conteo, el cual demuestra que mayormente las partículas son de forma sub-angulosa (36.02%) con tendencia a ser angulosas (34.60%), las partículas muy angulosas son de 4.74% y en menor cantidad, partículas redondeadas (4.27%), cabe destacar que no se observaron partículas muy redondeada, de esto se tiene que los sedimentos correspondientes a la muestra E₅-M₅, han tenido un transporte “moderado a bajo” (Figura 5.30).

Tabla 5.12 Porcentaje de partículas según la morfoscopía de la muestra E₅-M₅.

Muestra E ₅ -M ₅	Forma de las partículas	N.º de partículas	% de partículas
	Muy angulosas	10	4.74
	Angulosas	73	34.60
	Sub-angulosas	76	36.02
	Sub-redondeadas	43	20.38
	Redondeadas	9	4.27
	Muy redondeadas	0	0.00
	TOTAL	211	100.00

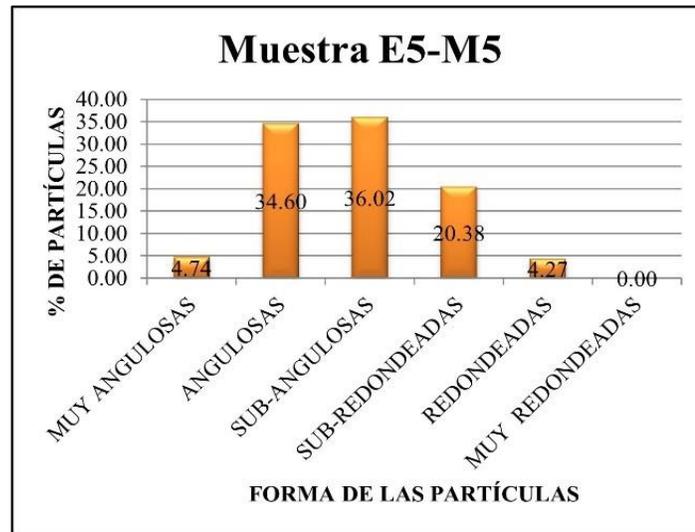


Figura 5.30 Distribución de la forma de las partículas de la muestra E₅-M₅.

5.5 Mapa geológico del fundo La Ceibita

Para la realización del mapa geológico, se tomó en cuenta un área de 9 Km², en donde se representaron las variaciones litológicas observadas en campo, así como las estructuras geológicas presentes en las estaciones de estudio y el curso del río Candelarita, el cual atraviesa la zona de estudio. Asimismo, se incluyó la información topográfica de la zona, plasmando curvas de nivel con intervalos de 10 m. La escala es de tipo gráfica.

Detalladamente, en el mapa se presenta 1 unidad litológica correspondiente al Arqueano, representada por las rocas metamórficas del Complejo de Imataca, También, se presentan 5 litologías correspondientes a la Formación Mesa, que cubren la mayor parte del área de estudio. Finalmente, se tiene 1 unidad estratigráfica, correspondiente al cuaternario, específicamente a sedimentos del reciente. En cada estación de estudio, se encuentran señaladas las distintas litologías de las muestras de

rocas recolectadas, designadas con un código establecido de acuerdo a las iniciales de cada litología presente. Finalmente, se encuentra el paso del río Candelarita en el sector NE del mapa, afluente del río Candelaria.

Basados en la topografía del área, se realizaron dos (2) secciones estructurales, la primera, en dirección SW-NE, que atraviesa dos estratos sedimentarios en discordancia con el basamento metamórfico característico de la zona. El buzamiento aparente en dicha sección es aproximadamente igual al buzamiento real que presentan los estratos, siendo este de 10° SW para las rocas y sedimentos de la Formación Mesa. La segunda sección corresponde a un corte realizado en dirección W-E, en donde se puede apreciar la variación litológica del terreno en esa dirección. La escala es de tipo gráfica, también presente en la sección. De forma general, se tiene que las unidades del Complejo de Imataca cubren un 20% del área, mientras que la Formación Mesa un 75%. También, se observan arenas gruesas del holoceno, que cubren un 5% del área.

5.6 Mapa geomorfológico del fundo La Ceibita

En la zona se identificaron los relieves elaborando un mapa geomorfológico (Anexo 2). Entre los paisajes se encuentran lomerío, peniplanicie y planicie. Cada uno de ellos presenta sus relieves característicos. El lomerío, consta de lomas, ubicadas en la parte NE del mapa, de gran extensión longitudinal y representan la mayor elevación del terreno, con porcentajes de pendiente oscilantes entre 8 - 16%. La vega, que representa ondulaciones en las cercanías de las lomas, de menor porcentaje de pendiente y mucha menor elevación. Finalmente, el glacis coluvial o piedemonte, característico de los límites de las elevaciones.

Por su parte, la peniplanicie, consta de dos relieves característicos, la colina, que coincide en su mayoría con los afloramientos geológicos del terreno, con

porcentajes de pendiente menores al 8%, en promedio de un 5%. La vega, que representa ondulaciones cercanas al 4% de porcentaje de pendiente, y es el relieve predominante en esta zona.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El fundo la Ceibita, se encuentra ubicado en la Provincia Geológica de Imataca y litológicamente está constituido por rocas tales como anfibolitas, variados gneises, gneises biotíticos, gneises cuarzosos y gneises feldespáticos, pertenecientes al Complejo de Imataca, y suprayacente a estas se encuentran las rocas sedimentarias y sedimentos de la Formación Mesa , tales como areniscas arcillosas y limosas con laminaciones y arenas finas, medias y gruesas gravosas, y sedimentos del Reciente a los largo del río Candelaria.

2. Los estratos que conforman la Formación Mesa tienen buzamiento 10° SW y se encuentran suprayacente a las rocas de Imataca formando una discordancia (inconformidad).

3. Las estructuras geológicas predominantes en el fundo La Ceibita corresponden a diaclasas de tipo vertical, paralelas e inclinadas, siendo estas últimas las de mayor ocurrencia. También diversos pliegues de flujo, asociados al metamorfismo presente en la zona, entre los observados destacan los pliegues de flujo tipo zig-zag y pliegues de flujo tipo y recumbentes.

4. Los diagramas de rosas, indican que el 20% las diaclasas observadas en la estación 1, poseen un rumbo preferencial hacia el noroeste, con un rango angular oscilante de norte (50° - 60°) oeste. En la estación 3, aproximadamente el 40% las diaclasas presentan una tendencia notable hacia el noroeste, principalmente entre el rango norte (40° – 50°) oeste. Finalmente, en la estación 5, presentan una orientación hacia el sureste en un estimado del 83%.

5. Las partículas sedimentarias presentes en el canal del río “La Candelarita” son mayormente de forma angulosa, sub-angulosa y sub-redondeada, lo cual indica que tuvieron transporte "moderado a bajo".

6. En el mapa geológico se observa la variedad litológica del Fundo “La Ceibita”, correspondientes al Complejo de Imataca, la Formación Mesa y Sedimentos Recientes. Las unidades del Complejo de Imataca cubren un 20% del área, mientras que la Formación Mesa un 75%. Finalmente, se pueden apreciar arenas gruesas pertenecientes a los sedimentos del Reciente, que abarcan un 5% del mapa.

7. En el mapa geomorfológico se encuentran representados tres (3) paisajes, lomerío, peniplanicie y planicie. De manera detallada, un 75% corresponde a peniplanicie, el 20% a lomerío y un 5% a planicie. El lomerío se encuentra constituido por lomas en la parte NE del área de estudio, que, a su vez, se encuentran circundadas por el glacis coluvial. Finalmente, cerca de la zona NE-E, se encuentra la vega de lomerío, constituida por ondulaciones de porcentajes de pendiente cercanos al 8%.

8. El paisaje de peniplanicie, consta de dos relieves: las colinas, que representan el elemento de mayor elevación en este grupo, con coincidencia principalmente en afloramientos en la zona. Seguidamente, la vega, que es el relieve predominante de la zona, constituido por ondulaciones de bajo porcentaje de pendiente (4%). Finalmente, la planicie se encuentra representada por la llanura aluvial, aledaña al Río Candelarita, con un porcentaje de pendiente de bajo a nulo (0 - 4%).

Recomendaciones

1. Proseguir con la realización de evaluaciones geológicas en la zona, específicamente en el área petrográfica, de modo que permita conocer con mayor precisión la diversidad litológica que presenta la zona.

2. Cualquier estudio que sea realizado en el río La Candelarita, debe ejecutarse en el primer cuatrimestre del año, correspondiente a los meses de sequía del mismo, facilitando el acceso y el estudio a profundidad del lecho del río.

3. Realizar más levantamientos geológicos cercanos al área estudiada, debido a la poca información existente de las características geológicas y estructurales de la zona, y así, incrementar el conocimiento que se posee actualmente de la Formación Mesa.

4. Incentivar a futuros investigadores del área, a basarse en la información geomorfológica recopilada, para el desarrollo de trabajos de investigación que involucren temas referentes a la morfogénesis de la zona.

5. Incluir las secciones en el mapa geológico, de modo que las personas ajenas a estos trabajos de investigación de índole geológica puedan tener una mejor referencia a la hora de situarse sobre las secciones estructurales.

6. Especificar la frecuencia de las diaclasas en los diagramas de rosas para dar a conocer la densidad de fracturamiento de las rocas.

REFERENCIAS

Abreu, J. y Orta, E (2010) **ESTUDIO GEOQUÍMICO EXPLORATORIO DE LA CUENCA DEL RÍO CANDELARIA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR**. 16 de abril de 2022. [<https://fddocuments.es/document/estudio-geoquimico-exploratorio-de-la-cuenca-del-rio-candelaria-municipio.html>]

Arias, F (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Sexta edición, Caracas, Venezuela, pp 24 – 83

Autocad (2015). **AUTODESK AUTOCAD 2015**. Service Pack 2, Windows 7

Bowles, Joseph E. (1981) **MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERÍA CIVIL**. Primera edición, McGraw Hill, México, pp 37.

C.V.G. TÉCNICA MINERA, C.A (1991) **INFORME DE AVANCE NB-20-2, NC-20-14. CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS VEGETACIÓN. TOMO I**

Global Mapper (2020). **GLOBAL MAPPER 20**. Windows 7, Copyright Blue Marble Geographics 2020.

González de Juana, C. (1946) **ESTUDIO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOS LLANOS DE VENEZUELA**. Rev. de fomento. pp. 9-59.

Google (2018). **GOOGLE EARTH PRO**. Windows 7, Google LLC. California, Estados Unidos.

Hedberg, H.D. Pyre, A. (1944) **STRATIGRAPHY OF NORTHEASTERN ANZOÁTEGUI, VENEZUELA**. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull. pp 25.

Hurtado, J. (2000) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN HOLÍSTICA**. Tercera edición. Caracas, Venezuela, pp 89 – 325

INGEOMIN (2004) **INFORME GEOLÓGICO HOJA MARHUANTA (7540)** Ciudad Bolívar, Venezuela.

Instituto Geológico y Minero de España (2014) **MAPA GEOMORFOLÓGICO**.

(<https://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/Geomorfologico50.aspx#:~:text=El%20mapa%20geomorfol%C3%B3gico%20es%20una,y%20las%20formas%20del%20terreno.>)

Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (2019). **CORTE GEOLÓGICO**. 28 de octubre de 2019, (<https://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Explora-Cataluna/Atlas/Atlas-geologico-de-Cataluna/Los-cortes-geologicos>)

Méndez Baamonde, J. (2006). **GEOLOGÍA FÍSICA**. PDVSA, INTEVEP. Caracas, Venezuela. P. 148

Méndez Baamonde, J. (2006). **PETROLOGÍA**. PDVSA, INTEVEP. Facultad de Ciencias, U.C.V., Caracas, Venezuela. pp 139, 165, 177, 303, 306, 312, 313

Mendoza, V. (2012) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA**. Tomo I, 2da Edición, Gran Colombia Gold Corp., Bogotá.

Navarrete, E. (2009) **APUNTES DE ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA**. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil – Ecuador, pp 14 - 17.

Ochoa, T. (2011) **HIDRAULICA DE RÍOS Y PROCESOS MORFOLOGICOS**. Ecoe ediciones, Bogotá, Colombia.

Ramsay, J (1991) **MODERN STRUCTURAL GEOLOGY. VOL. 2: FOLDS AND FRACTURES**. Academic Press, London, pp 311.

Silva G, Mendoza C. y Campos E. (2016) **ELEMENTOS DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA**, UNAM, México P85

Soriano Gemma (2013) **GEODINÁMICA, TEMA VII**. Universidad de Coruña, pp 29 y 32.

Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005) **CIENCIAS DE LA TIERRA, INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. Pearson Prentice hall, Madrid, España.

Twiss, R. J, Moores, E. M. (1992) **STRUCTURAL GEOLOGY**. W. H. Freeman & Co., Nueva York.

Van der Pluijm B. y Marshak S. (2004) **EARTH STRUCTURE AN INTRODUCTION TO STRUCTURAL GEOLOGY AND TECTONICS.** Segunda edición. WW Norton & Company. Estados Unidos.

Scherer, W, (1999) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO ELECTRÓNICO DE VENEZUELA.** PDVSA, INTEVEP. Caracas, Venezuela

APÉNDICES

APÉNDICE A
ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS, ESPECÍFICAMENTE
DIACLASAS, OBSERVADAS EN LA ESTACIÓN 5

A.1 Diaclasa E₅-D₁

El apéndice A.1, corresponde a una diaclasa inclinada, de nombre E₅-D₁, cuya abertura es de 65cm.



Apéndice A.1. Diaclasa E₅-D₁

A.2 Diaclasa E₅-D₂

El apéndice A.2, muestra una diaclasa vertical, de 3.5cm de abertura, bajo la nomenclatura E₅-D₂.



Apéndice A.2. Diaclasa E₅-D₂

A.3 Diaclasa E₅-D₃

En el apéndice A.3, se observa un sistema de diaclasas, de la cuales, se tomaron solo las diaclasas paralelas para el estudio, estas llevan por nomenclatura E₅-D₃. El apéndice.



Apéndice A.3. Sistema de diaclasas, que incluyen a las diaclasas paralelas E₅-D₃

A.4 Diaclasa E₅-D₄

El apéndice A.4, expone una diaclasa inclinada de 2cm de abertura, esta se encuentra denominada como E₅-D₄



Apéndice A.4. Diaclasa E₅-D₄

A.5 Diaclasa E₅-D₅

En el apéndice A.5, se presenta una diaclasa inclinada, de 13cm de abertura, cuya nomenclatura es E₅-D₅.



Apéndice A5. Diaclasa E₅-D₅

A.6 Diaclasa E₅-D₆

Finalmente, en el apéndice A.6, se presenta una diaclasa inclinada, de 13cm de abertura, cuya nomenclatura es E₅-D₆.



Apéndice A.6. Diaclasa E₅-D₆

APÉNDICE B
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS REALIZADOS A LA
MUESTRAS DE CANAL

B.1 Análisis granulométrico de la muestra E5-M1

En el apéndice B.1, se muestran los resultados obtenidos una vez realizado el ensayo de granulometría por tamizado mecánico a la muestra E5-M1.

Gobierno Bolivariano de Venezuela		Ministerio del Poder Popular para el Desarrollo Minero Ecológico		Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN)			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO MECÁNICO DE TAMIZADO							
PROYECTO				NORMA ASTM D421 Y D422			
Caracterización geológica y estructural de las unidades aflerentes ubicadas en el sector Amanaca en el asentamiento campesino La Ceibita, municipio Angostura del Orinoco - Estado Bolívar							
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO				COORDENADAS UTM (m)			
Fundo "La Ceibita"				Norte	Este		
				888377	461245		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO							
Arena muy gruesa color marrón							
PERFORACIÓN N°		***		NOMBRE DE LA MUESTRA			
REALIZADO POR		ING. ANTHONY LASCANO		E5-M1			
FECHA DE PRÁCTICA		20/05/2022					
Peso inicial de muestra húmeda (gr)		1933		Peso inicial antes del tamizado (gr)			
Peso de muestra seca (gr)		1652		500			
% Humedad		17,01					
Nº de tamiz	Díametro de las partículas(mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	606,0	98,0	19,60%	19,60%	80,40%
10	2	478	552,0	74,0	14,80%	34,40%	65,60%
20	0,85	403	529,0	126,0	25,20%	59,60%	40,40%
30	0,59	385	459,0	74,0	14,80%	74,40%	25,60%
60	0,210	358	441,0	83,0	16,60%	91,00%	9,00%
140	0,105	335	371,0	36,0	7,20%	98,20%	1,80%
200	0,075	330	336,0	8,0	1,20%	99,40%	0,60%
PAN	0,0625	369	372,0	3,0	0,60%	100,00%	0,00%
Total de suelo retenido (gr)				500,0			
%De pérdida		0,00					

Curva Granulométrica de Muestra E5-M1

D60	***
D30	***
D10	***

Coefficiente de uniformidad (Cu)	***
Coefficiente de curvatura (Cc)	***

[Firma]
Ing. Anthony Lascano
Analista

[Firma]
Geol. Yuridy Bravo
Coord. Regional (E)

INGEOMIN
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

[Firma]
Ing. Anthony Lascano
Coord. De Laboratorio de Geotecnia

OBSERVACIONES	
Arena muy gruesa, mal escogida, con porciones considerables de gravillas, arena media y fina	

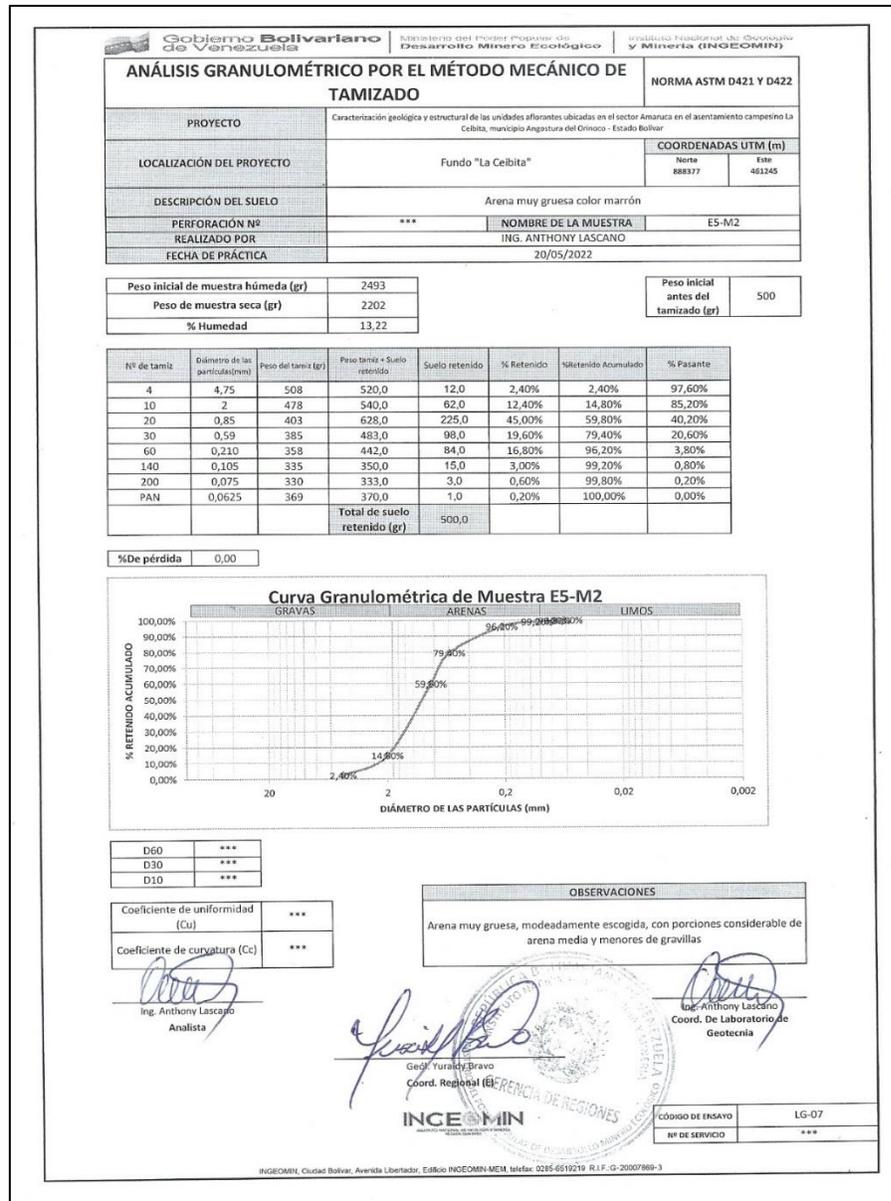
CÓDIGO DE ENSAYO	LG-07
Nº DE SERVICIO	***

INGEOMIN, Ciudad Bolívar, Avenida Libertador, Edificio INGEOMIN-MEM, Nivel: C285-0519215, R.L.F. ©-2007789-3

Apéndice B.1. Análisis granulométrico de la muestra E5-M1

B.2 Análisis granulométrico de la muestra E5-M2

El apéndice B.2, presenta los resultados obtenidos del ensayo de granulometría por tamizado mecánico realizado a la muestra E5-M2.



Apéndice B.2. Análisis granulométrico de la muestra E5-M2

B.3 Análisis granulométrico de la muestra E₅-M₃

En el apéndice B.3, se muestran los resultados obtenidos una vez realizado el ensayo de granulometría por tamizado mecánico a la muestra E₅-M₃.

Gobierno Bolivariano de Venezuela		Ministerio del Poder Popular para el Desarrollo Minero Ecológico		Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN)			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO MECÁNICO DE TAMIZADO				NORMA ASTM D421 Y D422			
PROYECTO	Caracterización geológica y estructural de las unidades aflorantes ubicadas en el sector Amanaca en el asentamiento campesino La Ceibita, municipio Angostura del Orinoco - Estado Bolívar						
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	Fundo "La Ceibita"			COORDENADAS UTM (m)			
				Norte	Este		
				888377	461245		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	Arena muy gruesa a media color marrón						
PERFORACIÓN Nº REALIZADO POR	***	NOMBRE DE LA MUESTRA		E ₅ -M ₃			
FECHA DE PRÁCTICA	ING. ANTHONY LASCANO 20/05/2022						
Peso inicial de muestra húmeda (gr)	2963			Peso inicial antes del tamizado (gr)	500		
Peso de muestra seca (gr)	2561						
% Humedad	15,70						
Nº de tamiz	Diámetro de las partículas(mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	586,0	78,0	15,60%	15,60%	84,40%
10	2	478	562,0	84,0	16,80%	32,40%	67,60%
20	0,85	403	535,0	132,0	26,40%	58,80%	41,20%
30	0,59	385	463,0	78,0	15,60%	74,40%	25,60%
60	0,210	358	470,0	112,0	22,40%	96,80%	3,20%
140	0,105	335	350,0	15,0	3,00%	99,80%	0,20%
200	0,075	330	331,0	1,0	0,20%	100,00%	0,00%
PAN	0,0625	369	369,0	0,0	0,00%	100,00%	0,00%
			Total de suelo retenido (gr)	500,0			
%De pérdida		0,00					
<p align="center">Curva Granulométrica de Muestra E₅-M₃</p>							
D60	***						
D30	***						
D10	***						
Coefficiente de uniformidad (Cu)	***						
Coefficiente de curvatura (Cc)	***						
 Ing. Anthony Lascano Analista		OBSERVACIONES Arena muy gruesa a media, moderadamente escogida, con porciones de gravilla					
 Geól. Yuraldy Bravo Coord. Regional (E)		 Ing. Anthony Lascano Coord. De Laboratorio de Geotecnia					
		CÓDIGO DE ENSAYO		LG-07			
		Nº DE SERVICIO		***			
<small>INGEOMIN Ciudad Bolívar, Avenida Libertador, Edificio INGEOMIN MEM, teléfono: 0286-8919219, RIF: G-20067869-3</small>							

Apéndice B.3. Análisis granulométrico de la muestra E₅-M₃

B.4 Análisis granulométrico de la muestra E5-M4

En el apéndice B.4, se muestran los resultados obtenidos luego de haberle realizado el ensayo de granulometría por tamizado mecánico a la muestra E5-M4.

Gobierno Bolivariano de Venezuela		Administración del Poder Popular de Desarrollo Minero Ecológico	Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN)				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO MECÁNICO DE TAMIZADO			NORMA ASTM D421 Y D422				
PROYECTO	Caracterización geológica y estructural de las unidades aflorantes ubicadas en el sector Amaruza en el asentamiento campesino La Ceibita, municipio Angostura del Orinoco - Estado Bolívar						
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	Fundo "La Ceibita"	COORDENADAS UTM (m)					
		Norte	Este				
		888377	461245				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	Arena muy gruesa color marrón						
PERFORACIÓN N°	***	NOMBRE DE LA MUESTRA	E5-M4				
REALIZADO POR	ING. ANTHONY LASCANO						
FECHA DE PRÁCTICA	20/05/2022						
Peso inicial de muestra húmeda (gr)	3301	Peso inicial antes del tamizado (gr)	510				
Peso de muestra seca (gr)	2737						
% Humedad	20,61						
N° de tamiz	Diámetro de las partículas (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso Laveo + Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	510,0	2,0	0,39%	0,39%	99,61%
10	2	478	507,0	29,0	5,69%	6,08%	93,92%
20	0,85	403	639,0	236,0	46,27%	52,35%	47,65%
30	0,50	385	507,0	122,0	23,92%	76,27%	23,73%
60	0,210	358	455,0	97,0	19,02%	95,29%	4,71%
140	0,105	335	354,0	19,0	3,73%	99,02%	0,98%
200	0,075	330	333,0	3,0	0,59%	99,61%	0,39%
PAN	0,0625	369	371,0	2,0	0,39%	100,00%	0,00%
			Total de suelo retenido (gr)	510,0			
% De pérdida	0,00						
<p>Curva Granulométrica de Muestra E5-M4</p>							
D60	***						
D30	***						
D10	***						
Coefficiente de uniformidad (Cu)	***						
Coefficiente de cupatura (Cc)	***						
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Arena muy gruesa, bien escogida, con porciones de arena gruesa y arena media</p>				<p>Ing. Anthony Lascano Coord. De Laboratorio de Geotecnia</p>			
<p>Ing. Anthony Lascano Analista</p>				<p>Geól. Yuraidy Bravo Coord. Regional (E)</p>			
<p>INGEOMIN</p>				<p>CÓDIGO DE ENSAYO LG-07</p>			
<p>Nº DE SERVICIO ***</p>				<p>INGEOMIN, Ciudad Bolívar, Avenida Libertador, Edificio INGEOMIN-MEM, telef. 0295-8919219 R.L.F. G-20007869-3</p>			

Apéndice B.4. Análisis granulométrico de la muestra E5-M4

B.5 Análisis granulométrico de la muestra E5-M5

En el apéndice B.5, se muestran los resultados obtenidos una vez realizado el ensayo de granulometría por tamizado mecánico a la muestra E5-M5.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO MECÁNICO DE TAMIZADO		NORMA ASTM D421 Y D422	
<p style="font-size: small;">Gobierno Bolivariano de Venezuela Ministerio del Poder Popular para el Desarrollo Minero Ecológico Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN)</p>			
<p style="font-size: x-small;">Caracterización geológica y estructural de las unidades aflorantes ubicadas en el sector Amaruca en el asentamiento campesino La Celbita, municipio Angostura del Orinoco - Estado Bolívar</p>			
PROYECTO	Fundo "La Celbita"		COORDENADAS UTM (m)
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO			Norte: 888377 Este: 461245
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	Arena gruesa a media color marrón		
PERFORACIÓN N°	***	NOMBRE DE LA MUESTRA	E5-M5
REALIZADO POR	ING. ANTHONY LASCANO		
FECHA DE PRÁCTICA	20/05/2022		
Peso inicial de muestra húmeda (gr)	2711	Peso inicial antes del tamizado (gr)	510
Peso de muestra seca (gr)	2321		
% Humedad	16,80		

N° de tamiz	Diámetro de las partículas (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	572,0	64,0	12,55%	12,55%	87,45%
10	2	478	528,0	50,0	9,80%	22,35%	77,65%
20	0,85	403	520,0	117,0	22,94%	45,29%	54,71%
30	0,59	385	479,0	94,0	18,43%	63,73%	36,27%
60	0,210	358	473,0	115,0	22,55%	86,27%	13,73%
140	0,105	335	400,0	65,0	12,75%	99,02%	0,98%
200	0,075	330	334,0	4,0	0,78%	99,80%	0,20%
PAN	0,0625	369	370,0	1,0	0,20%	100,00%	0,00%
Total de suelo retenido (gr)				510,0			

% De pérdida	0,00
--------------	------

Curva Granulométrica de Muestra E5-M5

D60	***
D30	***
D10	***

Coefficiente de uniformidad (Cu)	***
Coefficiente de curvatura (Cc)	***

Ing. Anthony Lascano
Analista

Ing. Anthony Lascano
Coord. De Laboratorio de Geotecnia

CÓDIGO DE ENSAYO	LG-07
N° DE SERVICIO	***

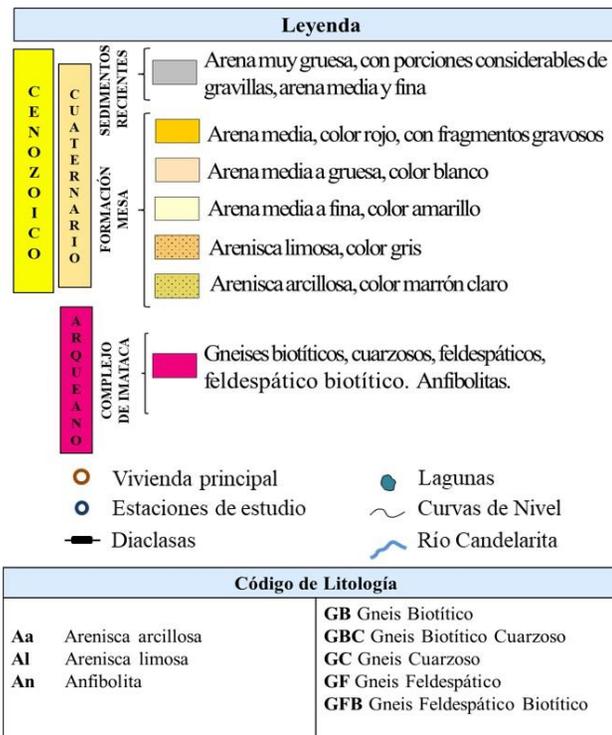
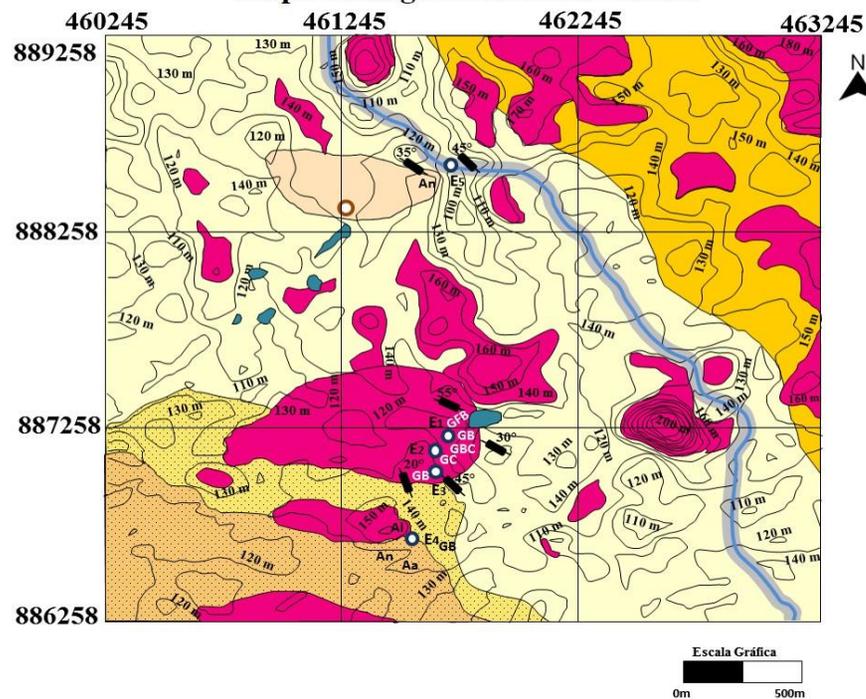
INGEOMIN, Ciudad Bolívar, Avenida Libertador. Edificio INGEOMIN-MEM, telefón: 0285-6519210 R.F.F.: G-20007899-3

Apéndice B.5. Análisis granulométrico de la muestra E5-M5

ANEXOS

ANEXO 1
MAPA GEOLÓGICO FUNDO LA CEIBITA

Mapa Geológico Fundo La Ceibita



Puntos de levantamiento de estaciones de estudio Coordenadas UTM – Huso 20

Estaciones	Coordenadas UTM (m)		Elevación (m)
	Norte	Este	
Estación 1	887192	461684	144
Estación 2	887126	461641	144
Estación 3	887022	461633	142
Estación 4	886690	461524	137
Estación 5	888592	461683	124
Vivienda Principal	888377	461245	133

Situación Relativa Nacional



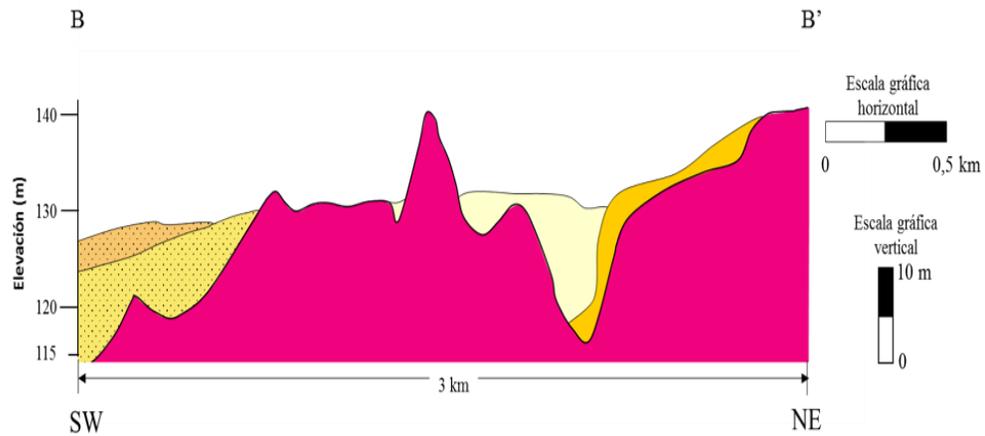
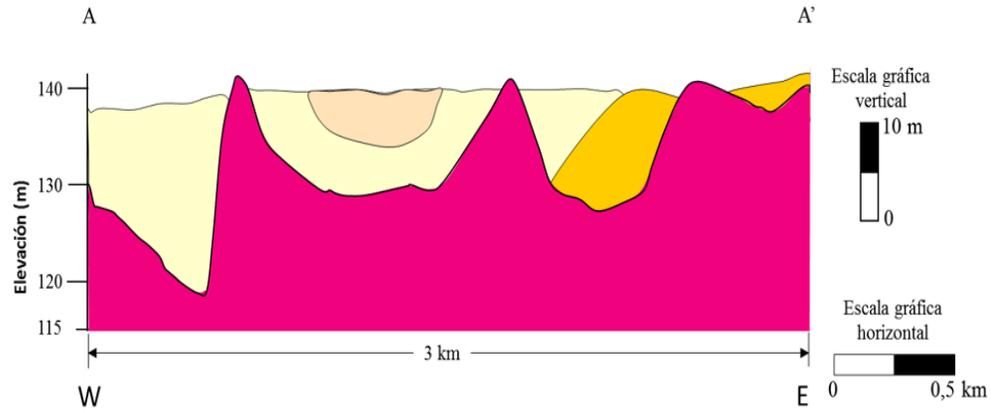
Situación Relativa Regional



UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO		INGEOMIN	
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES AFLORANTES EN EL SECTOR AMARUCA, ASENTAMIENTO CAMPESINO LA CEIBITA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR		MAPA GEOLÓGICO DEL FUNDO LA CEIBITA, UBICADO EN EL SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR	
ELABORADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANO RAISA	FECHA: 23/10/2022	REFERENCIAS: Mapa geológico de la hoja NC - 20 - 14 de CVG Técnica Minera (1991)	
REVISADO POR: ING. ANTHONY LASCANO	ESCALA: ESCALA GRÁFICA	ANEXO Nº 1	
APROBADO POR: PROFESORA ROSARIO RIVADULLA			
DIBUJADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANO RAISA			

ANEXO 2
SECCIÓN ESTRUCTURAL DEL MAPA GEOLÓGICO DEL
FUNDO LA CEIBITA

SECCIÓN ESTRUCTURAL



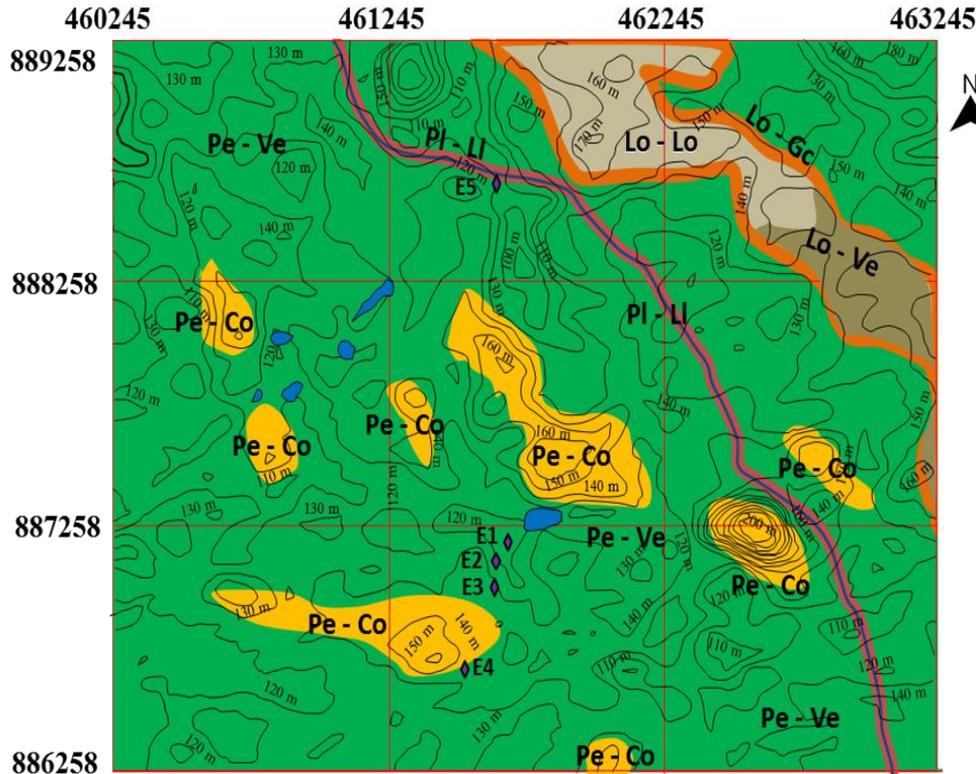
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO



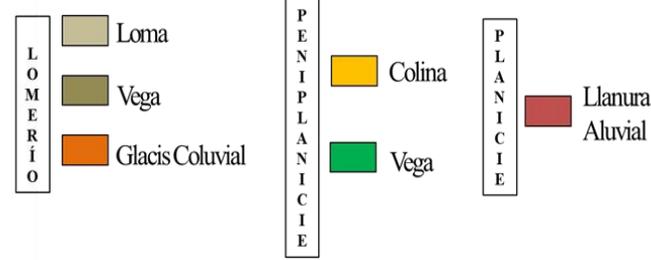
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES AFLORANTES FUNDO LA CEIBITA, SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR		SECCIÓN ESTRUCTURAL DEL FUNDO LA CEIBITA, UBICADO EN EL SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR	
ELABORADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANO RAISA		FECHA 25/10/2022	REFERENCIAS Mapa geológico de la hoja NC - 20 - 14 de CVG Técnica Minera (1991)
REVISADO POR: ING. ANTHONY LASCANO		ESCALA ESCALA GRÁFICA	ANEXO Nº 2
APROBADO POR: PROFESORA ROSARIO RIVADULLA			
DIBUJADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANO RAISA			

ANEXO 3
MAPA GEOMORFOLÓGICO FUNDO LA CEIBITA

Mapa Geomorfológico Fundo La Ceibita



Leyenda



- Estaciones de estudio
- Lagunas
- Curvas de Nivel
- Río Ceibita

Código			
Lo - Lo	Loma		
Lo - Ve	Vega	Pe - Co	Colina
Lo - Gc	Glacis Coluvial	Pe - Ve	Vega
			PI - LI
			Llanura Aluvial

 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO					
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES AFLORANTES FUNDO LA CEIBITA, SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR			MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL FUNDO LA CEIBITA, UBICADO EN EL SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR		
ELABORADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANORAISA		FECHA 23/10/2022		REFERENCIAS Mapa geomorfológico de la hoja NC - 20 - 14 de CVG Técnica Minera (1991)	
REVISADO POR: ING. ANTHONY LASCANO		ESCALA ESCALA GRÁFICA		ANEXO Nº 3	
APROBADO POR: PROFESORA ROSARIO RIVADULLA					
DIBUJADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANORAISA					

ANEXO 4
CÓDIGO DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL FUNDO LA
CEIBITA

COMPOSICIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS

COMPONENTES TAXONÓMICOS		TOPOGRAFÍA (CRITERIO DE DEFINICIÓN)			UNIDADES CARTOGRÁFICAS				C Ó D I G O
PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	ALTURA	TOPOGRAFÍA		GEOLOGÍA		DRENAJE		
			FORMA	PENDIENTE GRAL (%)	ESTRUCTURA	LITOLOGÍA	PATRÓN	DENSIDAD	
L O M E R Í O	LOMA	BAJA	Q U E B R A D A	8 - 16	ESTRUCTURA	GNEISES (GRANITO)	PATRÓN	DENSIDAD	Lo-Lo
	GLACIS COLUVIAL				FRACTURADA		DENDRÍTICO	MEDIO	Lo-Gc
	VEGA								Lo-Ve
PENIPLANICIE	COLINA	BAJA	SUAVEMENTE ONDULADA	4 - 8	-	GNEISES (GRANITO)	DENDRÍTICO	POCO DENSO	Pe-CI
	VEGA								Pe-Ve
PLANICIE	LLANURA ALUVIAL	-	PLANA/ QUEBRADA	0 - 4	-	-	DENDRÍTICO	DENSO	PI-LI



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO



PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES AFLORANTES FUNDO LA CEIBITA, SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR	CÓDIGO DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL FUNDO LA CEIBITA, UBICADO EN EL SECTOR AMARUCA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR	
ELABORADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANO RAISA	FECHA 23/10/2022	REFERENCIAS Mapa geomorfológico de la Hoja NC - 20 - 14 de CVG Técnica Minera [1991]
REVISADO POR: ING. ANTHONY LASCANO	ESCALA ESCALA GRÁFICA	ANEXO Nº 4
DIBUJADO POR: GARCÍA CARLOS MARCANO RAISA		