



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

**CARACTERIZACIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS Y
LOS SEDIMENTOS, EN LA CUENCA MEDIA DE LA
QUEBRADA CARRIZAL, AL OESTE DEL FUNDO SAN
IGNACIO, UBICADO EN LA PARROQUIA ORINOCO,
MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LOS BACHILLERES
CONTRERAS P OSMERYS
Y. y MARCANO F.
RAULIMAR O. PARA
OPTAR POR LOS TÍTULOS
DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE 2024



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

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS Y LOS SEDIMENTOS EN LA CUENCA MEDIA DE LA QUEBRADA CARRIZAL, AL OESTE DEL FUNDO SAN IGNACIO, UBICADO EN LA PARROQUIA ORINOCO, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**, desarrollado por los bachilleres, CONTRERAS P OSMERYS Y. Cédula de Identidad: 25.493.002 y MARCANO F. RAULIMAR O. Cédula de Identidad: 24.027.056, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:	Firma:
Prof. Rivadulla Rosario (Asesor)	
Jurado	
Jurado	

Prof. Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de
Geología

Prof. Francisco Monteverde
Director de la Escuela Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar ____ de _____ 2024

DEDICATORIA

Al Señor providente, en su gracia, me permitió vivir esta experiencia y cumplir con la meta.

A mis abuelos Ligia Bellorín y Oscar Fernández por ser pilares en mi vida planteándome objetivos y metas para ser cada vez mejor persona.

A mi madre Oscarina Fernández, ejemplo a seguir, para motivarme como mujer y ser una profesional sin limitaciones en los obstáculos que se presenten.

A mi tía madrina Sahily García por ser mi guía y motivación en mis estudios.

Raulimar Marcano

En honor y agradecimiento a Dios Todopoderoso por acompañarme, por ser mi fuente de gracia fortaleza y sabiduría durante mis estudios universitarios a través de cuya gracia y favor me permitió vivir esta experiencia.

Gracias a mis padre Ana Pérez y José Francisco Contreras por ser los promotores de los sueños y metas en mi vida, por su amor trabajo, dedicación, sacrificio y confiar y creer en mis expectativas. Ha sido para mí un orgullo y privilegio tenerlos como padres.

Osmerys Contreras

AGRADECIMIENTOS

Estoy agradecido enormemente con Dios y todo el equipo que hizo que esto sea una realidad.

Gracias a nuestros padres por sacrificar su vida para que pudiéramos vivir esta experiencia que nos hizo crecer como persona.

Gracias a nuestros docentes de la Universidad De Oriente - Núcleo Bolívar por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra preparación profesional; en especial a la profesora Rosario Rivadulla, tutora de nuestro proyecto de investigación que nos ha guiado con su consejo paciencia y rectitud como docente, por esta larga temporada de paciencia amorosa, más allá de profesora su actitud y cariño fue de una madre preocupada.

RESUMEN

El área de estudio está ubicada en la cuenca media de la quebrada Carrizal al oeste del fundo san Ignacio, al suroeste de Ciudad Bolívar, en la parroquia Panapana del municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar. Este trabajo tiene como finalidad la caracterización de los afloramientos rocosos y los sedimentos. Es una investigación de tipo descriptiva y con un diseño documental y de campo. Para el logro de los objetivos se recolectó información en 9 estaciones, 7 ubicadas en el Complejo de Imataca, y 2 en Sedimentos del Reciente. Se recolectaron 7 muestras de sedimentos y 7 de rocas. A los sedimentos se les realizaron análisis granulométrico por tamizado mecánico y se clasificaron según Udden-Wentworth, y analizó la morfoscopia de las partículas, para inferir el grado de transporte y la cercanía de la fuente de ellas. A las rocas se les determinó la mineralogía por análisis macroscópico. Se elaboraron diagramas de rosetas para las diaclasas, la foliación y zonas de cizallas. Se identificaron tres unidades estratigráficas: Complejo de Imataca que presenta migmatitas, gneises de grano medio y medio a fino, de colores blancos rosáceos y grises, con finas bandas negras y blancas, foliados y diaclasados, con pliegues de flujo, gneises cuarzodiorítico, gris claro y gris oscuro, con foliación marcada, plegado, fallas de rumbo dextrales y sinestrales, con diques y sills de pegmatitas, gneises monzograníticos y sienita cuarcífera, rosada, blanco y gris oscuro; las rocas meteorizadas que se presentan en bloques dispersos en el terreno de diferentes tamaños, y están en ambas márgenes de la quebrada; y los Sedimentos del Reciente, en los taludes se caracterizan por arenas fina, de color rojo amarillento, arenas muy finas, marrón grisáceo, moteadas de rojo, arenas medias limosa gris, arenas limoarcillosa gris, arena muy fina, gris moteada de rojo y arenas medias marrón grisáceo con laminaciones; las barras arenosas presentan arenas medias a gruesas, de color marrón claro y en el lecho gravas medias arenosas, de color marrón medio a marrón claro, amarillentas. Los análisis mineralógicos macroscópicos de las 5 muestras de rocas indican que se encuentran gneis cuarzodiorítico: con plagioclasas de 41-40%, cuarzo 35%, biotita 20-15% y feldespatos 4%, y accesorios: mica flogopita 3%, anfíboles 2% y circón 1%; sienita cuarcífera, con feldespatos 45%, cuarzo 25%, plagioclasas 15% y biotita 15%; monzogranito con un contenido de plagioclasas 27%, feldespatos 23%, cuarzo 25% y biotita 23%, y mica flogopita 2% como mineral accesorio; gneis biotítico cuarzoso, con contenido de plagioclasas 35% biotita 25%, cuarzo 20% y feldespatos 15%, y accesorios mica flogopita 3% y circón 2%. En las rocas del Complejo de Imataca, se encuentran 3 familias de diaclasas verticales, 2 con dirección E-W y N-W, que conforman un sistema ortogonal a subortogonal, y una familia de azimut 232° , las foliaciones, presentan entre 85° y 90° de azimut y otra de 295° , lo que se asocia a un plegamiento a nivel regional. Las estructuras de cizallas (SC) tienen 2 direcciones, una 65° de azimut y otra de 345° de azimut. Se determinaron 3 eventos tectónicos que tienen direcciones NW-SE, W-E y NE-SW, indicativo del alto grado de cizallamiento. Las partículas de los sedimentos

en los taludes predominan las partículas subredondeadas, redondeadas y angulosas lo que indica varias fuentes de ellos.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
CAPÍTULO II	9
GENERALIDADES	9
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
2.2 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO	15
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y NATURALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	16
2.3.1 Clima.....	16
2.3.2 Drenaje	19
2.3.3 Geomorfología	19
2.3.4 Vegetación.....	22
2.2 GEOLOGÍA REGIONAL.....	24
2.3.1 Complejo de Imataca.....	24
2.3.2 Formación Mesa.....	28
2.3.3 Sedimentos del Reciente	29
CAPÍTULO III	30
MARCO TEÓRICO.....	30
3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	32
3.2.2 Columna estratigráfica	34
3.2.4 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas	39
3.2.5 Diagrama de Rosas o Roseta.....	43
3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	44

3.3.1 Rumbo y buzamiento.....	44
3.3.3 Foliación.....	45
3.3.4 Afloramiento rocoso	46
3.2.5 Gneis.....	46
CAPÍTULO IV	65
METODOLOGÍA DE TRABAJO	65
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	65
4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	65
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	66
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	66
4.5.2 Etapa 2: Trabajo de campo	72
4.5.3 Etapa 3: Análisis de laboratorio.....	75
4.5.4 Etapa 4: Trabajo de oficina.....	78
CAPÍTULO V	84
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	84
5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	84
5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS SEDIMENTOLÓGICAS LEVANTADAS LA QUEBRADA CARRIZAL, SECTOR FUNDO SAN IGNACIO	90
5.2.1 Columna sedimentológica de E1	90
5.2.2 COLUMNA SEDIMENTOLÓGICA DE E2.....	92
5.3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LAS ESTACIONES DEL COMPLEJO DE IMATACA	94
5.2.1 Estación E3.....	94
5.2.2 Estación E4.....	97
5.2.3 Estación E5.....	98
5.2.4 Estación E6.....	100
5.2.5 Estación E7.....	100
5.2.6 Estación E8.....	103
5.2.7 Estación E9.....	103
5.4 CLASIFICACIÓN MACROSCÓPICA DE LAS MUESTRAS DE ROCAS 105	
5.5 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS DEL ÁREA DE ESTUDIO USANDO DIAGRAMAS DE ROSETAS.....	110
5.6 DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS EN LAS ZONAS DE FALLAS USANDO DIAGRAMAS DE ROSETAS.....	113
5.7 CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS POR LA ESCALA UDDEN-WENTWORTH.....	116
5.8 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LOS SEDIMENTOS DE LA QUEBRADA CARRIZAL.....	117

5.8.1	Análisis de los valores de los parámetros estadísticos	118
5.9	GRADO DE TRANSPORTE DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SEDIMENTOS POR EL MÉTODO DE POWERS	122
5.10	ANÁLISIS DEL MAPA GEOLÓGICO DEL SECTOR DE LA QUEBRADA CARRIZAL.....	127
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
	CONCLUSIONES	130
	RECOMENDACIONES.....	133
	APÉNDICES.....	139
	METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO – 1/6.....	¡ERROR!
	MARCADOR NO DEFINIDO.	

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Google y la hoja cartográfica 7439 (Mayagua) a escala 1:100.000.	9
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Google y la hoja cartográfica 7439 (Mayagua) a escala 1:100.000.	10
2.3 Histogramas de precipitación anual en Ciudad Bolívar (METAR, 2023)	11
2.4 Curvas de las temperaturas medias máximas y mínimas diarias mensual en Ciudad Bolívar (METAR, 2023).....	12
2.5 Histogramas de insolación anual en Ciudad Bolívar (Fuente: METAR).	13
2.6 Mapa geomorfológico con leyenda. Fuente: HOJA NB-20-2, sector central, a escala 1:250.000 (1991), CVG- TECMIN.....	14
2.7 Imagen del sector del área de estudio. Fuente: hoja cartográfica 7439 (Mayagua) a escala 1:100.000.....	15
2.8 Lomas y penillanuras en el área de estudio, sector quebrada Carrizal.....	16
2.9 Vegetación arbustiva y gramínea del área de estudio.....	17
2.10 Suelos del área de estudio: A9 Suelos arenosos de origen fluvial y B) Suelos residuales de rocas del Complejo de Imataca.....	18
2.11 Mapa geológico. Fuente: HOJA NB-20-2, sector central, a escala 1:250.000 (1991), CVG- TECMIN.....	20
2.12 Faja litotectónicas del Complejo de Imataca (Mendoza, 2005).....	21
3.1 Tipos de curtosis de una curva (Quispe, R. 2014).....	31
3.2 Diagrama de Streckeisen para rocas ígneas plutónica (Universidad Complutense de Madrid, 2014).....	36
3.3 Roseta de diaclasas (Pdfcoffee, 2022).....	38
3.4 Dirección y buzamiento real de un plano geológico (Geotécnia fácil, 2024)	39
3.5 Sills de composición gabroidea , intruidos en areniscas (Universidad Complutense de Madrid, 2014).....	41
3.6 Diques de basalto (Universidad Complutense de Madrid, 2014).....	42
3.7 Tipos de diaclasas (Geovirtual, 2023).	43
3.8 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) Fossen, 2010).	44
3.9 Diaclasas conjugadas (A) (Fossen, 2010); y diaclasas ortogonales (B) (Wikipedia; 2016).....	45
3.9 Diaclasas conjugadas (A) (Fossen, 2010); y diaclasas ortogonales (B) (Wikipedia; 2016).....	46
3.11 Diaclasas contemporáneas a los pliegues (Twiss y Moores, 2007).	47
3.12 Estructura S-C de convergencia oblicua en una zona de cizalla sinistral	

(Allmendinger, 1987).....	49
3.13 Plegamiento de flujo (Fossen, 2010).....	50
3.14 Estructuras relacionadas con las zonas de cizalla: dextral (A) y sinistral (B) (Fossen, 2010).....	51
3.15 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez Sebastián, 2016).	52
3.16 Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez Sebastián, 2016).....	53
3.17 Representación de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Pérez, 2023).....	54
3.18 Migmatitas con pliegues marcados (A) (Flickr, 2015); (B) Universidad de Granada, 2014; (C) Geotecnia Fácil, 2014 y (D) Seaforth y Barrios, 2023).	55
3.19 Ejemplos de tipos de gneises (Wikipedia, 2024).....	56
4.1 Flujograma de la metodología de la investigación.....	65
4.2 Actividad de apertura de calicatas y descripción de los sedimentos.....	67
4.3 Ubicación del norte (A), identificación y medición de rumbos de las estructuras (B), descripción de estructuras (C) y recolección de muestras de rocas (D).....	68
4.4 Tamizado mecánico de las muestras de las muestras.....	70
4.5 Muestras en capsulas plásticas, para el análisis de morfoscopía.....	71
4.6 Curva granulométrica realizada en la aplicación Excel.....	73
4.7 Modelo de columna sedimentológica digitalizada en PowerPoint.....	74
4.8 Curva granulométrica con los cuartiles y percentiles.....	75
4.9 Ventana del software Strereonet, para cargar los datos iniciales.....	76
4.10 Ventana de la izquierda de software Strereonet, para activar la generación del Diagrama de Rosa, en la pestaña “Rose Diagram”.....	77
4.11 Ventana de la izquierda de software Strereonet, con la generación del “Diagrama de Rosa” con las etiquetas de los datos.....	77
5.1 Imagen de Google Earth con las estaciones de trabajo en el área de estudio.	78
5.2 Afloramientos de gneises en el cauce y margen de la quebrada Carrizal (Estación E3).....	81
5.3 Migmatitas con pegmatitas y pliegues (Estación E3).....	81
5.4 Rocas meteorizadas en bloques del Complejo de Imataca. Estación E4.	82
5.5 Arenas media arena media con laminaciones y arena fina y muy fina	

amarillenta moteada de rojo.....	83
5.6 Barra arenosa en el cauce de la quebrada Carrizal en la estación E9.....	83
5.7 Calicata en E1, en la margen derecha de la quebrada Carrizal.....	85
5.8 Columna sedimentológica de E1, en la margen derecha de la quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio.....	86
5.9 Calicata en la estación E2, margen derecha de la quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio.....	87
5.10 Columna sedimentológica de la estación E2, quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio.....	88
5.11 Afloramiento de migmatitas, foliado, cizallado y plegado con diques y sills de pegmatita (Estación E3).....	89
5.12 Migmatitas con falla dextral, pliegue por falla y sills de pegmatita.....	90
5.13 Estructuras de cizalla (SC), en el afloramiento de la estación E3.....	91
5.14 Afloramiento de la estación E4.....	92
5.15 Afloramiento de la estación E5.....	93
5.16 Gneises del afloramiento de la estación E5 (A) y foliación E -W (B).....	93
5.17 Afloramiento de gneis en la estación E6.....	94
5.18 Panorámica de los afloramientos de las estaciones E7, E5 y E4, separados por la quebrada Carrizal.....	95
5.19 Afloramiento de gneis foliado con pliegues y falla sinistral N-S, en la estación E7.....	96
5.20 Panorámica con los afloramientos de las estaciones E8 y E5, separados por la quebrada Carrizal (A) y familias de diaclasas verticales subortogonales (B).....	97
5.21 Afloramientos rocosos en la estación E9, por donde corre la quebrada Carrizal.....	98
5.22 Afloramientos rocosos en la estación E9, por donde corre la quebrada Carrizal y existe una cascada asociada a fracturamiento.....	98
5.23 Dique de cuarzo cizallado y estructuras de cizalla (SC) con movimiento dextral, en la estación E9.....	99
5.24 Rocas de las estaciones E3 a la E9, en la quebrada Carrizal.....	100
5.25 Diagrama de rosas de diaclasas y falla.....	105

5.26	Diagrama de rosas de las foliaciones.....	105
5.27	Diagrama de rosas de las estructuras de cizalla (SC).....	106
5.28	Diagrama de rosas con los esfuerzos máximos y mínimos en la estación E3.....	107
5.29	Diagrama de rosas con los esfuerzos máximos y mínimos en la estación E7.....	108
5.30	Diagrama de rosas con los esfuerzos máximos y mínimos en la estación E9.....	109
5.31	Clases de Curtosis del polígono de distribución de tamaño de granos de las muestras E1-Tope y E1-Medio.....	112
5.32	Clases de Curtosis del polígono de distribución de tamaño de granos de las muestras E2-Medio y E2-Tope.....	112
5.33	Clases de Curtosis del polígono de distribución de tamaño de granos de las muestras E9- Barra y E9- Lecho.....	113
5.34	Partículas de sedimentos del tamiz 35 de las muestras de las calicatas de las estaciones E1 y E2.....	116
5.35	Partículas de sedimentos del tamiz 35 de las muestras de la estación E9, de barra de arena y lecho de la quebrada Carrizal.....	117
5.36	Gráficos circulares de los análisis morfoscópicos de las muestras E1-M1 E2-M1 y E2-M2.....	18
5.37	Gráficos circulares de los análisis morfoscópicos de las muestras E1-M1, E2-M1 y E2-M2.....	19
5.38	Mapa geológico de la quebrada Carrizal, sector del fundo San Ignacio...	22

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Escala de Udden-Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Modificada de Departamento de Geología - Universidad de Oriente, 2.001).....	27
3.2 Escala de asimetría (Folk, R. y Ward, W. 1957, en Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).....	29
3.3 Escala de curtosis (Folk, R. y Ward, W. 1957, en Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).....	30
3.4 Rangos de los coeficientes de selección (Folk, R. y Ward, W. 1957, en Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).....	32
4.2 Minuta para los datos de la curva granulométrica.....	73
4.3 Ecuaciones para calcular los parámetros estadísticos de los sedimentos.....	75
5.1 Estaciones de trabajo en el área de estudio.....	79
5.2 Minuta con detalles de las 9 estaciones.....	80
5.3 Descripción macroscópica de las muestras de rocas de las estaciones E3 y E4.....	101
5.4 Descripción macroscópica de la muestra de roca de la estación E6.....	102
5.5 Descripción macroscópica de las muestras de rocas de la estación E7.....	103
5.6 Datos de azimut de las estructuras en los afloramientos.....	104
5.7 Clasificación de los sedimentos por la escala Udden-Wentworth.....	110
5.8 Diámetros en mm de las partículas de los percentiles, mediana y cuartiles.....	.110
5.9 Valores de Curtosis, Coeficiente y el Índice de Asimetría, y Coeficiente de Selección.....	111
5.10 Valores de Curtosis y la clase de Curtosis.....	112
5.11 Clase de Asimetría de los sedimentos de la quebrada.....	113
5.12 Coeficiente de Uniformidad de los sedimentos de la quebrada	

Carrizal.....	114
5.13 Coeficiente de Selección de los sedimentos de la quebrada Carrizal, sector del fundo San Ignacio.....	114
5.14 Resultados del análisis morfoscópico según método de Power.....	117
.....	

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS SEDIMENTOS Y PARÁMETROS ESTADÍSTICOS.....	133
A.1 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E1- Tope.....	134
A.2 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E1- Medio.....	135
A.3 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E2- Tope.	136
A.4 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E2- Medio.....	137
A.5 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E9- Barra.	138
A.6 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E9- Lecho.	139

INTRODUCCIÓN

La caracterización geológica de los terrenos es gran importancia para su desarrollo geoeconómico, de allí que se requiere realizar descripciones de las unidades de rocas y de los sedimentos, y así conocer los aspectos relevantes de ellos tales, como litología, estructuras, mineralogía y aspectos estratigráficos.

El estudio de los sedimentos en distintos ambientes permite obtener información relacionada con su origen, transporte y ambiente en la que se depositó, usualmente los geólogos han obtenidos parte de esa información a través del estudio de sedimentos no consolidados, a partir de las características texturales mediante el uso de parámetros granulométricos y morfoscópicos.

Los procesos sedimentarios y los aportes fluviales representan el medio esencial que controla la sedimentación clástica ya que determina la propia existencia de los sedimentos. Todo depósito tiene su origen de una u otra manera en los aportes fluviales todo en función del área de la cuenca fluvial y de la pluviosidad; a mayor sean estos parámetros, mayor es el volumen de estos aportes.

El presente trabajo considera como objeto de estudio la zona de la quebrada Carrizal, en el sector del fundo San Ignacio, ubicado geológicamente en la Provincia Geológica de Imataca, donde se encuentran El Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Reciente al sureste de Ciudad Bolívar del Municipio Angostura del Orinoco; y tienen como objetivo generar información a nivel de detalle que sirva para enriquecer el conocimiento obtenido hasta ahora por trabajos anteriores hechos a escala regional.

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 los objetivos específicos, así como la justificación y alcance de la investigación, permitiendo llevar a cabo la caracterización geológica y sedimentológica de la quebrada Carrizal en el sector del fundo San Ignacio.

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 fundamento 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 presenta a detalle toda la metodología seguida para llevar a cabo este proyecto.

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

Y las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La geología de Venezuela incluye antiguas rocas ígneas y metamórficas del basamento precámbrico, estratificadas con rocas sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico y sedimentos cenozoicos gruesos geológicamente recientes con abundante petróleo y gas. Las rocas más antiguas de Venezuela se formaron durante el Precámbrico y ocupan el escudo guayanés en la franja sur del país, cerca de Guyana y Brasil, al este de El Baúl. Geológicamente, el estado Bolívar es reconocido por poseer un gran potencial en cuanto a minerales metálicos y no metálicos se refiere, formaciones rocosas, macizos y una gran diversidad geológica que ha llamado la atención de geólogos por el valor natural, estructural y geológico que poseen estas formaciones. Lo cual lo sitúa en un distinguido lugar en cuanto a su importancia de desarrollo geológica (Valles, B. 2013)

La región Guayana cuenta con la mayor parte de la riqueza mineral de Venezuela, debido al origen y formación geológica de su relieve. La antigüedad del macizo guayanés y el largo proceso de erosión causado por las lluvias, el viento y los ríos de la región, han puesto al descubierto los depósitos minerales del subsuelo, facilitando su hallazgo y explotación (Bellizia, 1974).

El estudio de las rocas en el estado Bolívar, específicamente en el sector del caserío Las Casitas, en el sector del rancho San Ignacio, su entorno natural desde hace décadas ha venido llamando la atención de interesados en el tema por razones económicas, científicas y naturales, cuyo contexto, se encuentra ubicada dentro de tres

unidades litoestratigráficas importantes que representan la geología local del Complejo Geológico de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos o Aluviones Recientes. (Tellez, F. 2014)

Es de resaltar, que el “Complejo Geológico de Imataca al sur de Ciudad Bolívar, se encuentra cubierto casi en su totalidad por sedimentos detríticos pertenecientes a la Formación Mesa y en menor proporción de sedimentos y aluviones recientes”, (Kalliokoski, D. 1965).

De allí que es importante conocer la litología y las estructuras geológicas presentes al norte del rancho San Isidro en la quebrada Carrizal, donde se encuentran afloramientos rocosos, asociados a la cuenca del río Orinoco.

La zona de estudio que comprende parte de la cuenca media de la quebrada Carrizal, al oeste del rancho San Isidro, de la Parroquia Orinoco, del Municipio Angostura Del Orinoco, que se encuentra ubicada en la Provincia Geológica de Imataca, en el estado Bolívar, donde predominan gneises y migmatitas (Ascanio, G. 1975)

Desde el punto de vista geológico es importante, hacer una caracterización Geológica-Estructural de la zona, Parroquia Orinoco, Municipio Angostura Del Orinoco, Estado Bolívar; que pueda aportar información geológica sobre unidades geológicas, elementos macroscópico - petrográfica de las rocas aflorantes, los rumbos, buzamientos, esfuerzos tectónicos, sus direcciones; patrón de diaclasas local, todo lo cual debe conducir a un mapa geológico de la zona y el conocimiento integral de las unidades litológica.

En este ámbito de estudio, se plantean las siguientes interrogantes de investigación:

1. ¿Cuáles son las unidades geológicas presentes en el área de estudio, con apoyo bibliográfico y recopilación de información en campo?
2. ¿Qué características presentan los sedimentos de la quebrada Carrizal en el sector del rancho San Isidro?
3. ¿Cuál es la descripción macroscópica - petrográfica de las rocas aflorantes en la quebrada Carrizal al norte del rancho San Isidro, utilizando las muestras recolectadas en campo?
4. ¿Cuáles son las características de las estructuras geológicas presentes en las rocas a partir de los datos de rumbo y buzamiento?
5. ¿Cómo se presenta en un mapa geológico las unidades litológicas presentes en la zona de estudio?
6. ¿Cuál es la dirección de los esfuerzos tectónicos que dieron origen a las diaclasas y fallas, analizando los diagramas de rosas?
7. ¿Cómo es el patrón de diaclasas local con el regional utilizando estudios previos o información de cartografía geológica?
8. ¿Cómo son las direcciones de los esfuerzos obtenidos en este trabajo con la dirección de los esfuerzos regionales utilizando información bibliográfica?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterización de los afloramientos rocosos y de los sedimentos en la cuenca media de la quebrada Carrizal, al oeste del fundo San Ignacio, ubicado en la Parroquia Orinoco, Municipio Angostura Del Orinoco, Estado Bolívar

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las unidades estratigráficas existentes en la zona de estudio mediante el reconocimiento de campo y el material bibliográfico.

2. Representar en columnas sedimentológicas, las características de las calicatas.

3. Describir las características geológicas de cada una de las estaciones levantadas en el trabajo de campo.

4. Clasificar macroscópicamente las rocas, utilizando un microscopio estereográfico.

5. Describir las estructuras existentes en los afloramientos de la zona, de acuerdo a los datos de campo, utilizando diagramas de rosas.

6. Determinar la dirección de los esfuerzos máximos y mínimos que dieron origen a las estructuras presentes en los afloramientos de la zona, a través de la realización de diagramas de rosas.

7. Clasificar texturalmente los sedimentos de la quebrada Carrizal, utilizando la escala de Udden- Wentworth.

8. Determinar los parámetros estadísticos de los sedimentos, a partir de las curvas granulométricas.

9. Determinar el grado de transporte de los sedimentos presentes en la quebrada Carrizal, mediante la realización del análisis morfoscópico por el método de Pettijohn.

10. Representar en un mapa geológico las unidades estratigráficas presentes en la zona de estudio.

1.3 Justificación de la investigación

Este trabajo de investigación permitirá actualizar la información de la Provincia Geológica de Imataca, puesto que existen dificultades para la realización de investigaciones por parte de las pocas empresas existentes en Ciudad Bolívar, tales como no disponibilidad de vehículo y/o combustible; y además existe muy poca información actualizada a nivel de detalle en esta área de la Provincia de Imataca.

Por eso es necesario el tener antecedentes de la zona lo más reciente posibles, para lo cual servirá esta investigación, siendo de gran ayuda para estudiantes, profesores y profesionales para posteriores investigaciones.

1.4 Alcances de la investigación

La investigación tendrá como alcance la caracterización de los sedimentos de la quebrada Carrizal en la cuenca media, la identificación de las rocas obtenidas en la

zona, la realización de un mapa geológico que permitirá representar unidades geológicas de la zona con las estructuras, e inferir la dirección de los esfuerzos que las originaron.

1.5 Limitaciones de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación, se tiene como limitante la disponibilidad de vehículo para llegar a la zona por escases de gasolina y los altos costos del traslado y la limitación en recursos económicos y tecnológicos para la realización de los estudios correspondientes.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El fundo San Ignacio se localiza al suroeste de Ciudad Bolívar, en la parroquia Panapana del municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, el área de estudio se encuentra localizada dentro de las coordenadas UTM REGVEN (WG884) Huso 20: N. 882.070 – E. 439.872 y N. 872.382 – E. 439.025 (Figura 2.1).

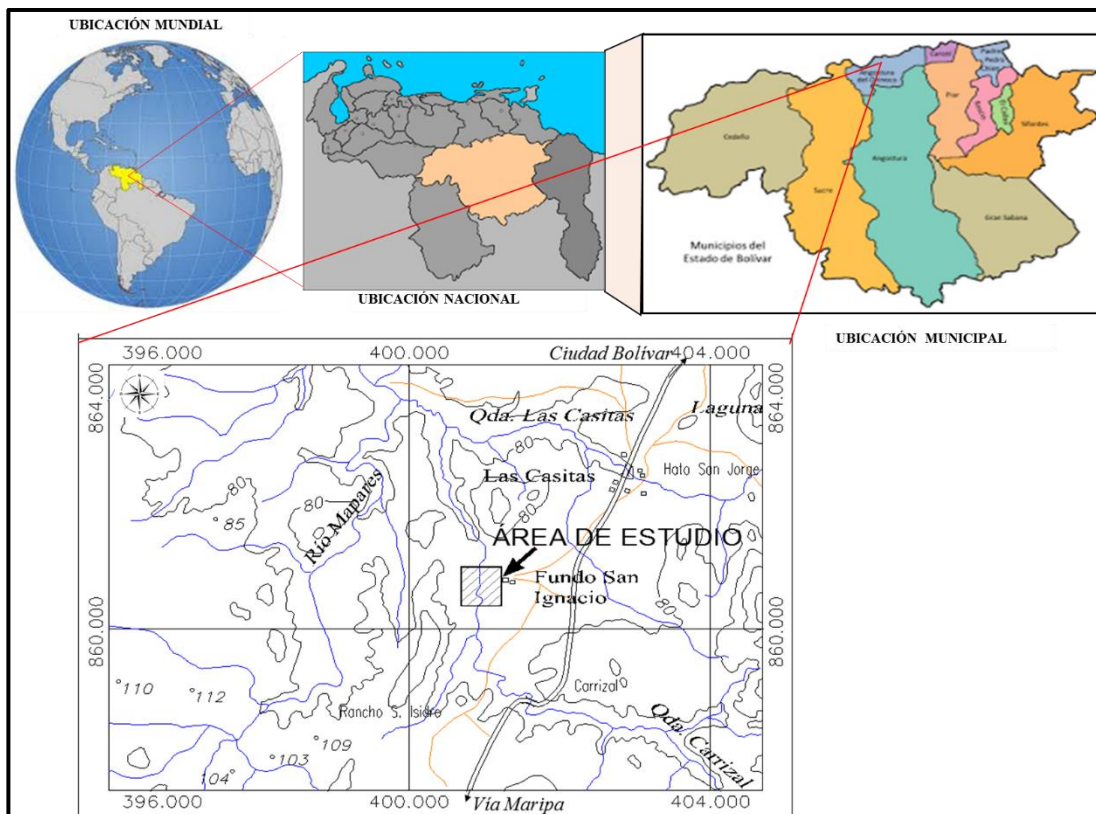


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Google y la hoja cartográfica 7439 (Mayagua) a escala 1:100.000.

2.2 Acceso al área de estudio

Desde Ciudad Bolívar, vía a Maripa, por la troncal 19, hay 73,4 Km, hasta el cruce para el fundo San Isidro, ubicado a derecha de la vía, donde se llega a través de una carretera engrazonada hasta la quebrada Carrizal, de Km: en el acceso por la troncal 19 se encuentra el caserío de Agua Linda a 64,4 Km desde Ciudad Bolívar y el caserío Las Casitas a 72,4 Km (Figura 2.2), desde allí a 1,7 Km se toma un desvío por una carretera engrazonada en dirección oeste, y se recorren aproximadamente 1,5 Km hasta llegar a la quebrada Carrizal.

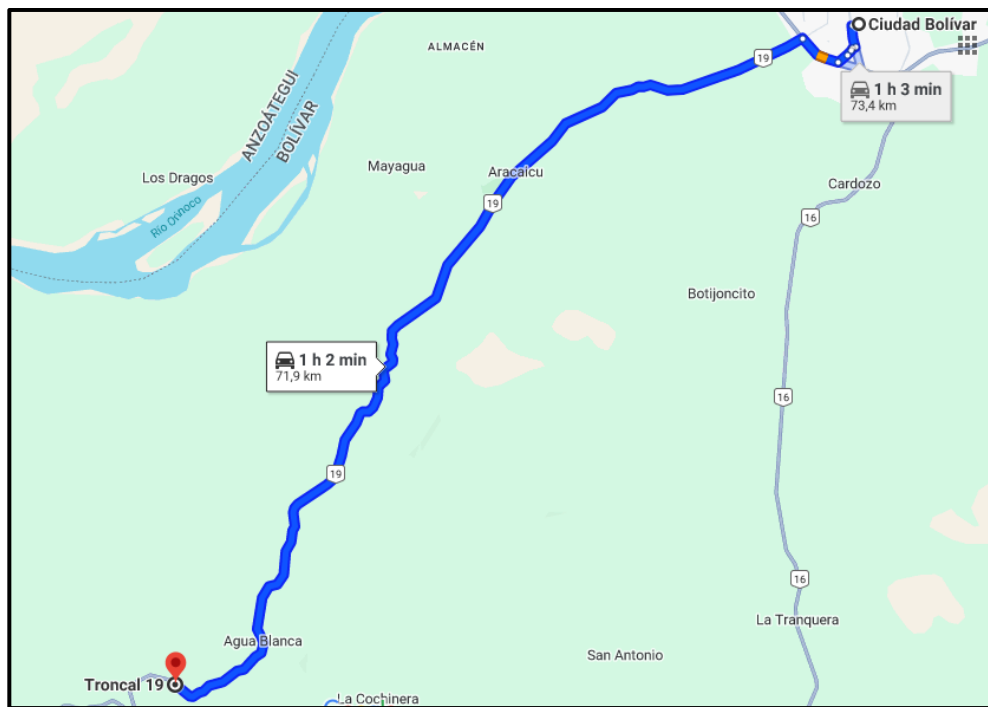


Figura 2.2 Imagen con ruta de acceso al área de estudio.

2.3 Características físicas y naturales del área de estudio

Según informes de avances realizados por la Gerencia de Proyecto Especial de la Corporación Venezolana de Guayana – Técnica Minera C.A. (1991), en Proyecto de Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana, y el Servicio de Meteorología de las Fuerzas Aérea Venezolana (FAV), con sede en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, el área de estudio presenta las siguientes características respecto al clima, precipitación, vegetación, fauna, suelo, geología, geomorfología:

2.3.1 Clima

El clima reinante en el área de estudio es de tipo subtropical húmedo, que se divide en: estación lluviosa larga que se extiende desde el mes de mayo hasta octubre, estación lluviosa corta que comprende desde noviembre hasta diciembre y una estación seca que se extiende desde el mes de enero hasta abril (C.V.G – TECMIN 1991).

La precipitación se caracteriza por dos períodos estacionales propios del área que son: una estación lluviosa cuyo período de lluvia inicia en el mes de mayo y termina en el mes de noviembre, en donde los meses de mayor precipitación se encuentran junio con 165 mm, julio con un máximo de 180 mm y agosto con 160 mm y una estación de sequía con una precipitación mínima de 12 mm para el mes de marzo y una máxima de 31,62 mm para el mes de abril como se puede apreciar en la figura 2.3. (METAR, 2023).

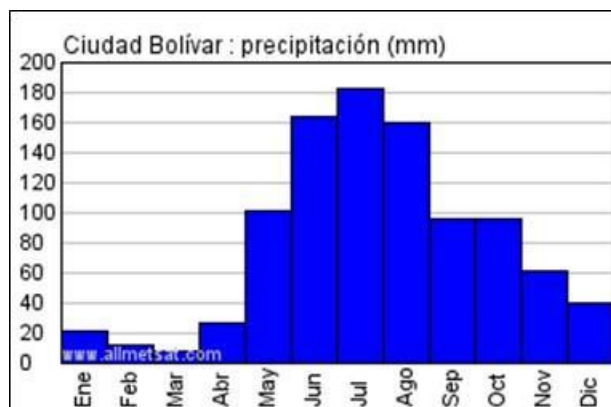


Figura 2.3 Histogramas de precipitación anual en Ciudad Bolívar (METAR, 2023)

La evaporación promedio media anual es de 103,72 mm. Los meses de mayor evaporación van desde enero hasta abril con máximos durante febrero (141,59 mm) y marzo (147,52 mm) y su valor más bajo se registra durante los meses que van desde junio hasta noviembre, con mínimos en julio (72,80 mm) y junio (73,64 mm), esto es debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa, así como también al sensible aumento de la velocidad del viento (C.V.G – TECMIN, 1991).

La temperatura media anual es de aproximadamente 27,72° C y para el período de 2022, las máximas temperaturas se presentaron en el mes de abril con 28,98° C, y las mínimas en el mes de enero con 26,53° C (Figura 2.4) (METAR, 2023).

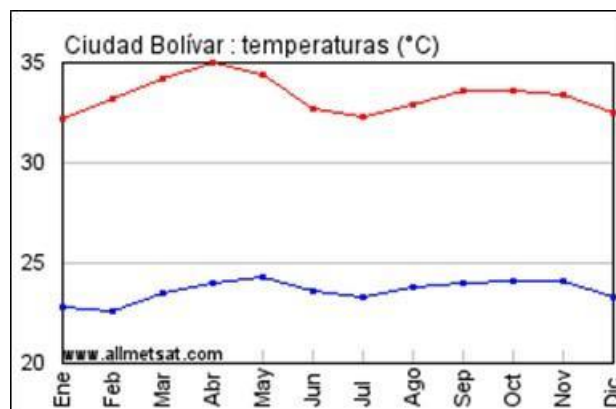


Figura 2.4 Curvas de las temperaturas medias máximas y mínimas diarias mensual en Ciudad Bolívar (METAR, 2023).

La humedad relativa media anual para el período 1994-2007 se registró en 70,85 %, siendo la máxima humedad de 84,71 % para el mes de julio y la mínima en el mes de febrero con 69,64% (C.V.G – TECMIN 1991).

Los valores de insolación media para el año 2022 fueron de 7,89 horas. Los máximos valores se presentan en el mes de marzo con 8,3 horas y la mínima de 7 horas para el mes de junio. Figura 2.5 (METAR, 2023)



Figura 2.5 Histogramas de insolación anual en Ciudad Bolívar (Fuente: METAR).

2.3.2 Drenaje

Del análisis de la hoja cartográfica 7439 (Mayagua) a escala 1:100.000 del año 1970, de Cartografía Nacional del año 1970, se obtuvo que el drenaje es de tipo dendrítico poco denso, y que el principal río en la zona es El Mapares que corre en dirección suroeste - noreste, donde desemboca el río Carolina, y las quebradas Carrizal, Las Casitas, Agua Blanca y Soledad por la margen derecha, y La Escalera por la margen izquierda (Figura 2.6).

2.3.3 Geomorfología

La fisiografía presente en el área de estudio es característica de los terrenos donde se ubican lomas de altura media (códigos Lo2-3), con pendientes bordeadas por penillanuras onduladas a suavemente onduladas, con colinas, glaciares coluviales y vegas (códigos Pe1-1), CVG- TECMIN (1991) (Figura 2.7).

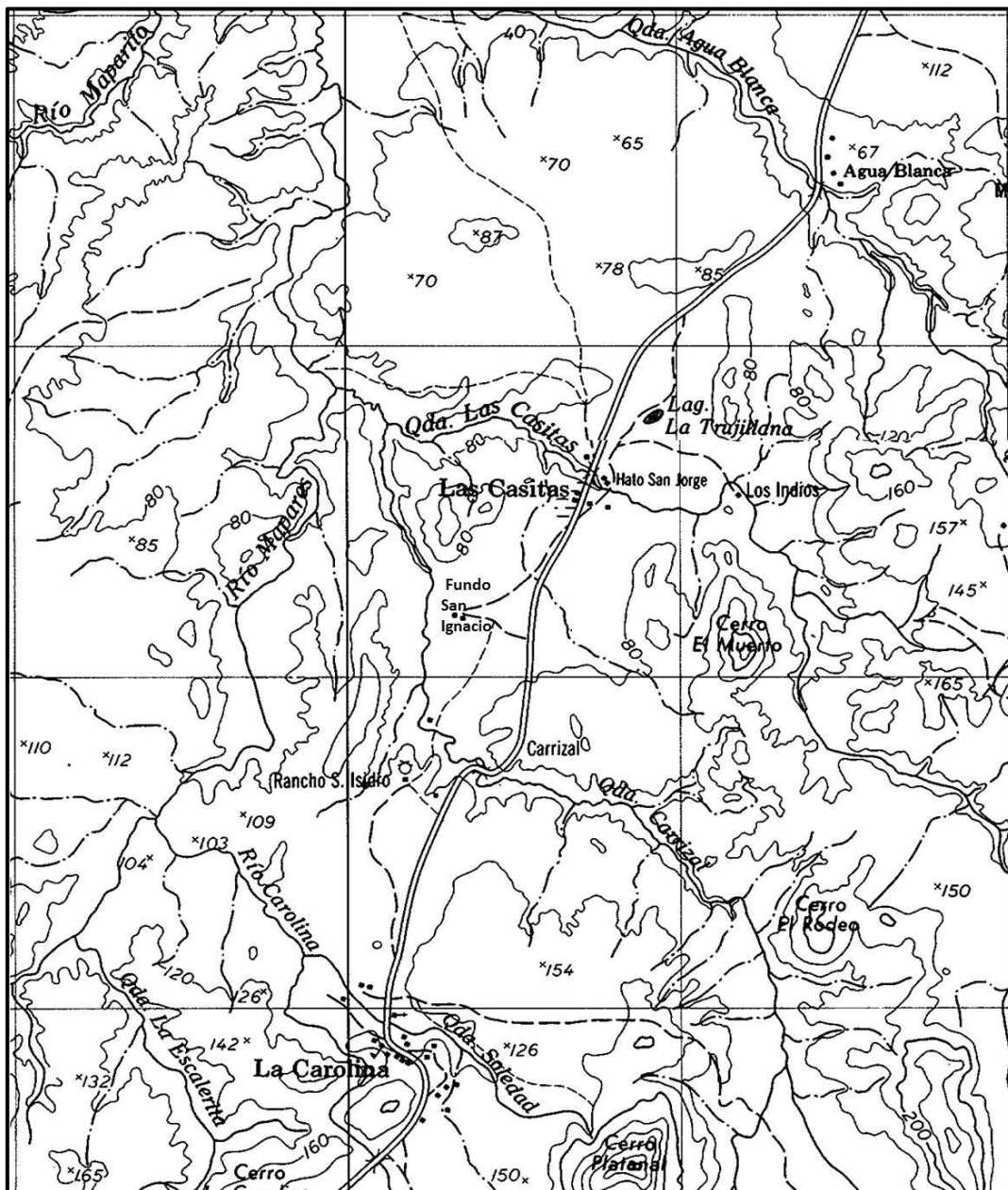


Figura 2.6 Imagen del sector del área de estudio. Fuente: hoja cartográfica 7439 (Mayagua) a escala 1:100.000.

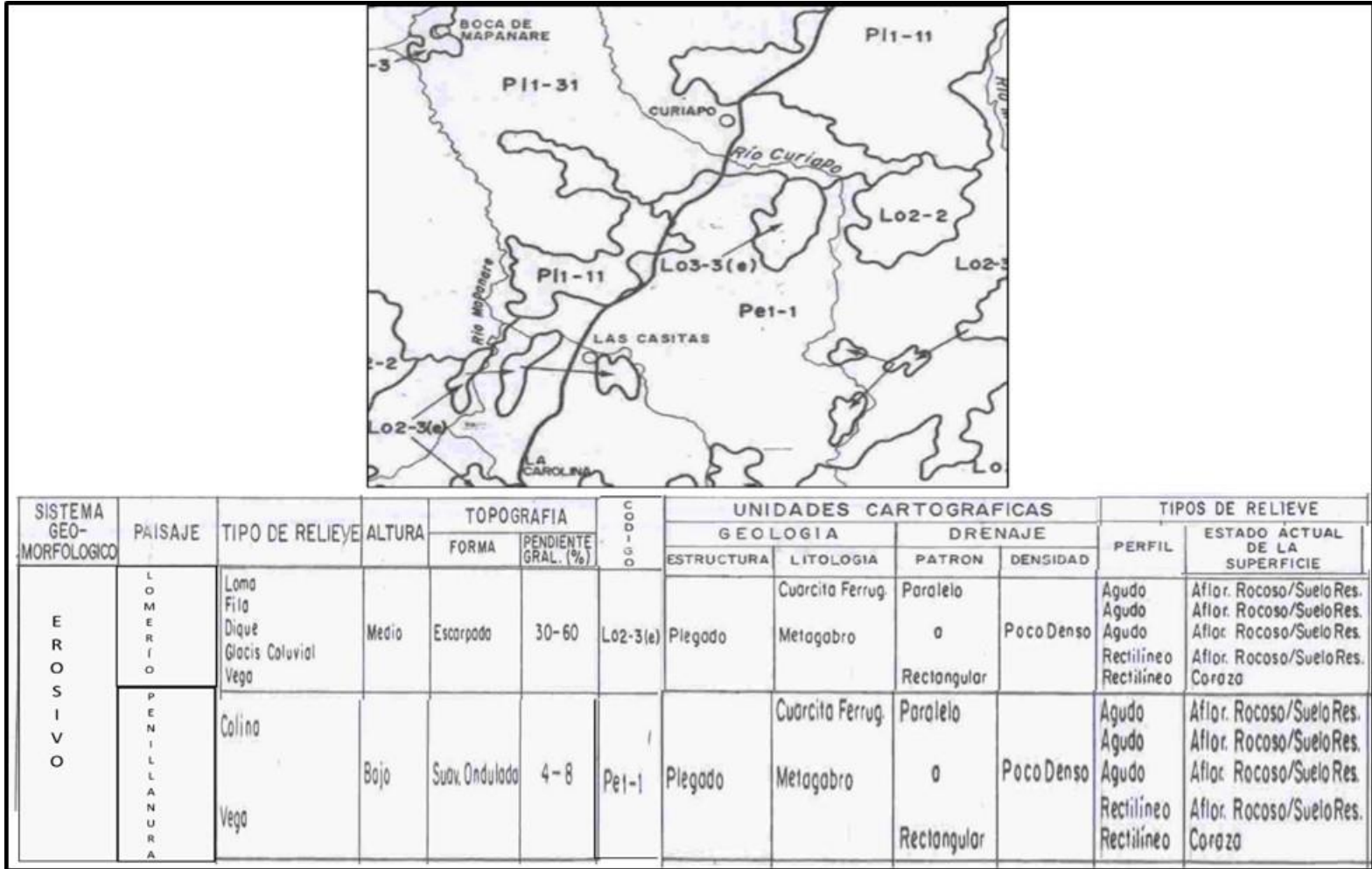


Figura 2.7 Mapa geomorfológico con leyenda. Fuente: HOJA NB-20-2, sector central, a escala 1:250.000 (1991), CVG-TECMIN.

Las cotas de las lomas cercanas al área de estudio, presentan cotas un poco mayor a los 100 m.s.n.m. y en las penillanuras, es inferior a los 80 m.s.n.m. (Figuras 2.7 y 2.8).



Figura 2.8 Lomas y penillanuras en el área de estudio, sector quebrada Carrizal.

2.3.4 Vegetación

La vegetación presente en el área de estudio es típica de sabana, y prevalecen dos tipos: de sabana con chaparro y bosques de galería.

La vegetación con chaparro se caracteriza principalmente por dos tipos de vegetación: la vegetación herbácea, que está constituida por una cobertura graminiforme de baja altura, entre la cual las especies más abundantes son la paja peluda *Trachypogon plumosus*, escobilla (*Ecoparia dulcis*), dormidera (*Mimosa dorens*) y la vegetación arbustiva que está conformada por árboles de 2 a 4 metros de altura. Entre la vegetación arbustiva se mencionan el chaparro (*Curatella americana*), chaparro manteco (*Bowdichia virgilioides*), mandinga (*Roupals complicata*), y en proporción menor el mango (*Mangifera indica*), etc. (C.V.G. – TECMIN, 1991).

La vegetación de bosques de galería se encuentra a lo largo de las zonas húmedas, específicamente en los márgenes de los ríos, se presentan una cobertura vegetal; arborescencia de tipo selvático, denominada “Bosque de Galería”. (C.V.G. – TECMIN, 1991) (Figura 2.9).



Figura 2.9 Vegetación arbustiva y gramíneas del área de estudio.

2.3.5 Suelos

Tomando como referencia lo enunciado por la Corporación Venezolana de Guayana Técnica Minera (CVG TECMIN, 1988), en el área del proyecto predominan los suelos residuales, superficiales a profundos; éste tipo de suelos presenta textura arenosa o areno arcillosa, son de baja fertilidad, dada su baja capacidad para retener

agua. También se encuentran suelos conformados por aluviones fluviales de textura arenosa de grano medio a fino (Figura 2.10).

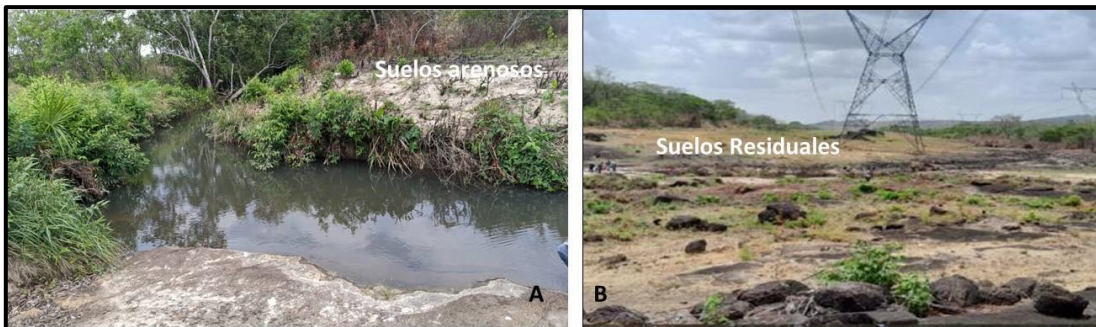


Figura 2.10 Suelos del área de estudio: A) Suelos arenosos de origen fluvial y B) Suelos residuales de rocas del Complejo de Imataca.

2.2 Geología regional

La geología regional está representada por lo que se conoce como el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

2.3.1 Complejo de Imataca

El Complejo de Imataca consiste, en orden de abundancia decreciente, de un conjunto alternante de granulitas plagioclásicas-cuarzo-piroxénicas, granulitas microclínicas-cuarzo plagioclásicas piroxénicas gneis cuarzo-feldespático-cordierítico-granatífero-biotítico-silimanítico-grafítico y formación de hierro, con las siguientes litologías secundarias: cuarcita, caliza impura metamorfozada, roca rodonítica-granatífera, roca cuarzo-granatífero-grafítica y esquistos hornabléndico-biotítico. El conjunto está intrusionado por cuerpos de rocas graníticas y de rocas básicas. El complejo se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y

estructuras sinclinales mal definidas con rumbo este-noreste. Hacia la porción occidental del complejo, se desarrollan domos equidimensionales, muchos de ellos con orientación norte-sur. Los conjuntos mineralógicos en el Complejo de Imataca corresponden, en general, a la subfacies de granulita hornabléndica de la facies granulítica (CHASE 1.965 citado en Léxico Estratigráfico de Venezuela 2021).

De acuerdo a CVG Tecmin, (1991), en la hoja NB-20-2, donde está incluida la zona de estudio, el Complejo de Imataca se ha dividido en dos unidades, 110001 y 110002 de las cuales la última se diferencia por la abundancia de cuarcitas ferruginosas.

La unidad 110001, comprende rocas del Complejo de Imataca, que consiste de una faja con rumbo este – noreste, de gneises con filones pegmatíticos, gneises cuarzo feldespáticos biotíticos anfibólicos foliados, gneises félsicos granulíticos, gneises cuarzo feldespáticos granatíferos, gneises graníticos, granitos, pegmatitas, granulitas félsicas y máficas, cuarcitas ferruginosas.

La unidad 110002, constituida por cuarcitas ferruginosas bandeadas de grano fino a medio, magnetíticas, cuarcitas no bandeadas hematíticas y magnetíticas. Hacia el noreste de la hoja NB-20-2, la unidad se encuentra cubierta por sedimentos de la Formación Mesa (01) conformados por arcillas, limolitas de colores rojizos a violáceas, gravas y arenas poco consolidadas en el tope (Figura 2.11).

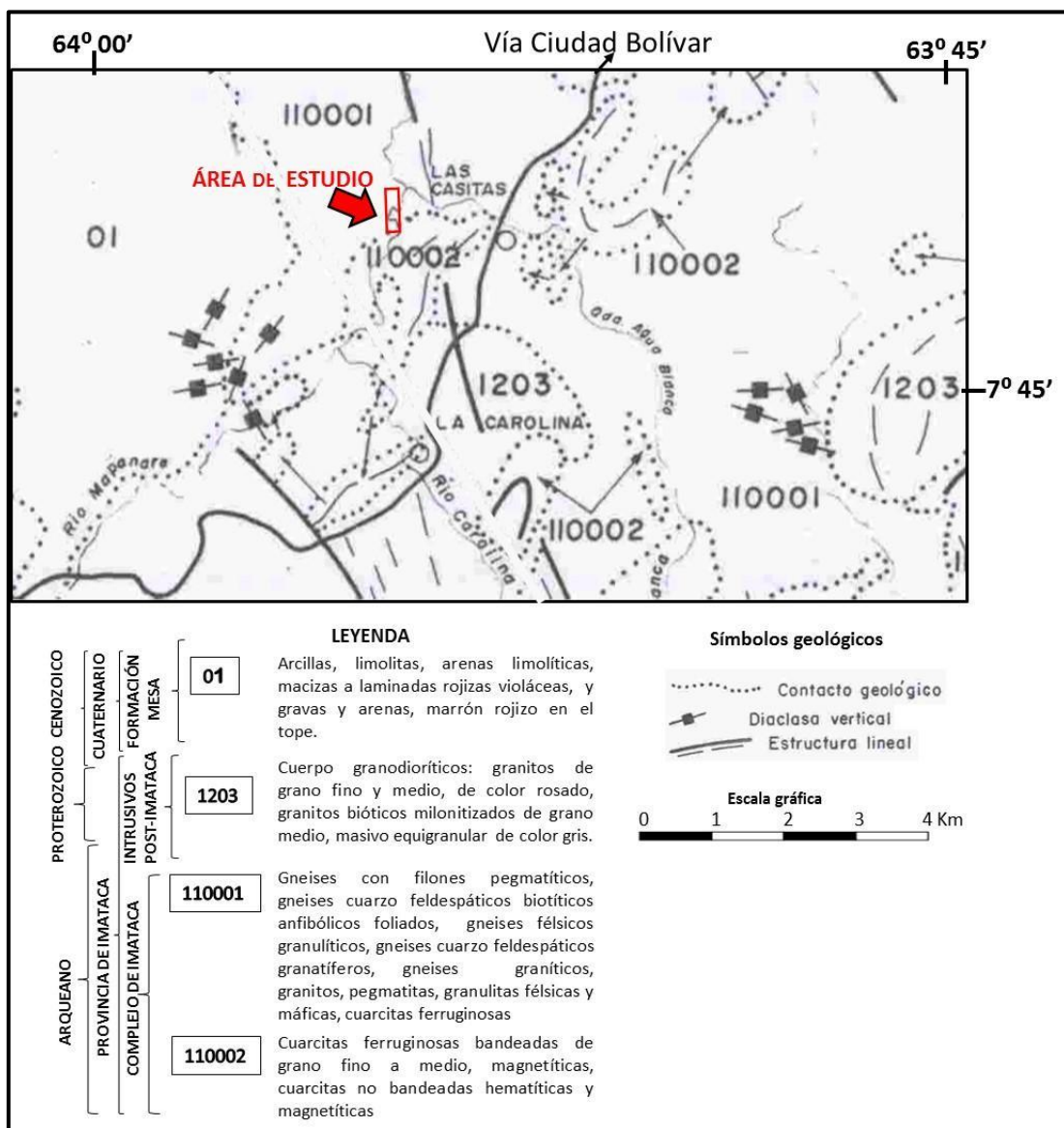


Figura 2.11 Mapa geológico. Fuente: HOJA NB-20-2, sector central, a escala 1:250.000 (1991), CVG- TECMIN.

Según Mendoza (1977), desde los puntos de vistas, estructurales, de deformaciones, edades, asociaciones, límites petrotectónicos, la zona pertenece a la Provincia Estructural Bolívar con orientación N 50-70 E que han sido cortadas por directrices más jóvenes N 10-30 W de la Provincia Amazonas a lo largo de complejas

zonas de fallas, discordancias, movimientos tectónicos e intrusiones acidas denominada Frente Caura (Mendoza, V., 2005).

Ascanio (1975) postuló que parte, al menos del Complejo de Imataca, está formada por varias fajas tectónicas que representan micro continentes que por deriva chocaron unos con otros con abducción y subducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Estas las denominó como: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, Los Naranjitas, La Ceiba, Cerro Bolívar y Laja Negra (Mendoza, V., 2005).

La zona del fundo San Ignacio se encuentra ubicada en la Faja tectónica Ciudad Bolívar (Figura 2.12).

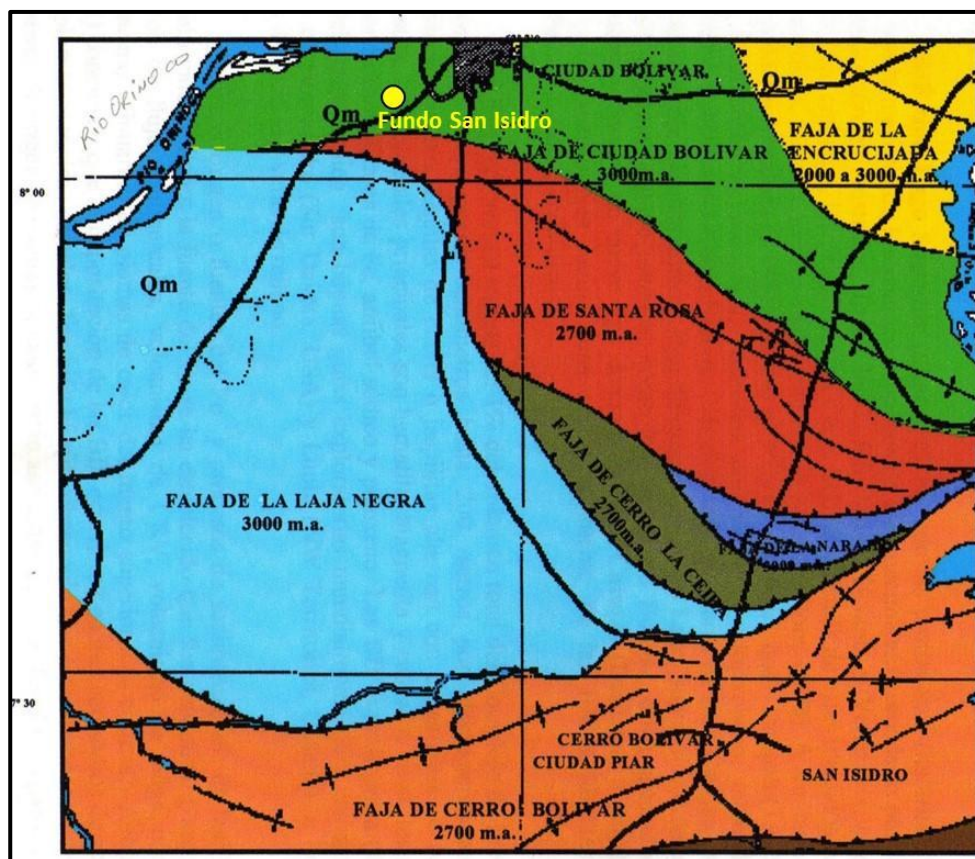


Figura 2.12 Faja litotectónicas del Complejo de Imataca (Mendoza, 2005).

2.3.2 Formación Mesa

La Formación Mesa fue descrita por primera vez en 1944 por Hedberg Pyre, como la formación que constituye la parte superior de las “mesas” que caracterizan fisiográficamente a la Cuenca Oriental de Venezuela. Esta formación cubre amplias áreas del Estado Anzoátegui oriental y sur, sur de los Estados Guárico y Monagas, extendiéndose hacia el sur más allá del río Orinoco, sobre estratos Mio-pliocenos, interrumpida por prominencias del basamento del Escudo de Guayana. Está constituida por depósitos horizontales aluviales y palustres, que consisten de arenas de grueso y gravas, que frecuentemente se encuentran endurecidas formando corazas ferruginosas, arenas con fuerte estratificación cruzada, coloreadas por óxidos de hierro, lentes discontinuos de arcilla finamente arenosa, lentes de material ferruginoso y madera silicificada (Hedberg, 1994).

Descripción litológica: consiste de arenas, algunas de grano grueso con gravas, de color blanco a gris, amarillento, rojo y púrpura, algunas cementadas con cemento ferruginoso, muy duras, con estratificación cruzadas (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 2021). Conglomerado de color rojo a casi negro, algunas con elementos líticos redondeados, tipo pudinga, de tamaño grande aproximadamente 15 centímetros de diámetros, en una matriz de arcilla-arenoso de color gris claro a amarillo (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 2021). Arcilla de color gris, rojo y amarillo intenso, algunas moteadas, abigarradas y en lentes discontinuos de arcilla arenosa y lentes de limonita (Gonzales de Juana, 1946 y Furrer y Castro, 1997 en Léxico Estratigráfico de Venezuela (2021). Los sedimentos de la Formación Mesa gradan de Norte a Sur de más Gruesos a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del norte. Desde la parte central de Monagas al macizo de Guayana, graben de más finos a más gruesos (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 2021).

Espesor: es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur como consecuencia de los cambios en la sedimentación fluvial y deltaica, y aumenta de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaico (González de Juana, et., 1980 en Léxico Estratigráfico de Venezuela, 2021). Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 metros, mientras que en el Estado Bolívar llega a los 80 metros o más (Léxico Estratigráfico de Venezuela 2021).

Contactos: en el Estado Bolívar la Formación Mesa suprayace en posición discordante a las rocas del Complejo de Imataca (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 2021). Por debajo de la Formación Mesa, en ocasiones debajo de las capas de suelo y como terraza de inundación se observa la presencia de roca meteorizada del basamento, fracturada y diaclasada.

2.3.3 Sedimentos del Reciente

Los componen materiales provenientes de la disgregación de la Formación Mesa y descomposición de las rocas del Complejo de Imataca, los cuales son arrastrados y depositados por aguas de escorrentía y el viento hacia los diferentes ríos de la región. Los materiales comprenden cantos, peñones gravas, arenas, limos, arcillas, coloides y otras partículas en suspensión que se han depositados desde el Holoceno hasta el presente en el fondo de los cauces de los ríos, formando depósitos de cauces, y en épocas de crecidas, originando las barras de meandros y depósitos de inundación.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Dado que los antecedentes previos a esta investigación son muy escasos se consideran antecedentes de otras zonas Curiapo cercanos a la zona de la quebrada Carrizal, afluente del río Mapares, que a su vez es afluente del río Orinoco, a los fines de obtener información general y sobre la metodología a utilizar.

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G) - Técnica Minera C.A. (TECMIN) (1991). PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA. Informes de Avance. Clima, Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación. Este trabajo se utilizará para recopilar información sobre geología, clima y vegetación.

González A, Jeanyimar y Flores G. Josuet O. (2023), en el trabajo de grado titulado “CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DEL FUNDO JEHOVÁ JIREH, SECTOR CURIAPO, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”, citan que de los análisis mediante columnas sedimentológicas mostraron la existencia de solo dos unidades estratigráficas que son la Formación Mesa que se caracterizan por arenas medias a finas y además de costras ferruginosas marrón oscuro, y abarca el 80% del área; y los Sedimentos del Reciente, que están expuestos en la quebrada El Merey constituidos por arenas gruesas a medias, gruesas a finas y muy gruesas a gruesas, marrón claro, en los taludes que limitan al canal del río; arenas gruesas a medias y muy gruesas a medias, marrón claro, en las barras de canal; y arenas muy gruesas a gruesas y gruesas a medias, en el lecho del río, y que cubren el 20% de la zona de estudio. Según la escala Wentworth

se obtuvo que. Morfoscópicamente, según el método Powers, los sedimentos de la Formación Mesa poseen un alto contenido de partículas angulosas y de redondeadas, lo que indica dos fuentes de las partículas, una cercana y otra por retrabajo. En cuanto a los Sedimentos del Reciente, en las barras, predominan las partículas subredondeadas y redondeadas y muy redondeadas en muy pocas cantidades, lo que indica sedimentos retrabajados; y en el lecho partículas subangulosas, indicativo de fuente cercana y moderado transporte. Con el método de Zingg de las 7 partículas de grava, se obtuvo que dos (2) son de forma cilíndrica, una (1) en forma de esfera y cuatro (4) en forma discoidal. De acuerdo al método de Visher en el tramo estudiado del río El Merey predomina el mecanismo de transporte por saltación con 2 a 4 subpoblaciones, y escasa tracción y suspensión, con 1 a 2 subpoblaciones. Para la saltación las subpoblaciones tienen diámetros que van desde 1 a 0,13 mm, la tracción de 2-0,6 mm y la de suspensión en solo una muestra con un diámetro de partículas que va de 0,097 a 0,075 mm.

García, Steffi L., y Moraes B., José C. (2021) en el trabajo titulado “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL FUNDO CARRIZAL, UBICADO EN EL SECTOR CARRIZAL, PARROQUIA ORINOCO, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CARRETERA CIUDAD BOLÍVAR - CAICARA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”, citan: que existen tres unidades litológicas como lo son Formación Mesa, Provincia de Imataca y Sedimentos Recientes; las estructuras geológicas asociadas a los afloramientos rocosos son familias de diaclasas, diques de cuarzo y foliaciones; los suelos que conforman los diferentes estratos se clasifican como “arenas mal gradadas” con poco finos o sin finos (SP); la descripción morfoscópica muestra que los suelos de manera general presentan "moderado transporte" y en menor medida "poco transporte"; las rocas de los afloramientos rocosos presentes en su mayoría son gneis y gneises graníticos de grano medio a fino; y en menor proporción costras y conglomerados; finalmente en el plano topográfico se aprecia el relieve debido a los desniveles de la

zona, en la cual destacan los afloramientos rocosos; y el mapa geológico - estructural muestra los límites de las tres unidades geológicas presentes en el fundo Carrizal.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Clasificación textural de los sedimentos

El amplio rango de tamaños de las partículas en los sedimentos y rocas sedimentarias, hace que las escalas logarítmicas o geométricas sean mucho más prácticas que las lineales; debido a esto se han desarrollado gran cantidad de escalas (Departamento de Geología-Universidad de Oriente, 2001).

La Escala de Udden-Wentworth es la escala más usada por los sedimentólogos. Usa el milímetro (mm) como punto de partida para estimar el diámetro promedio de tamaño de cada una de las partículas sedimentarias. Emplea la razón $\frac{1}{2}$ para obtener los diámetros límites de sus clases de tamaño (1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, entre otros), por lo que se extiende desde valores menores que 256 μm a mayores que 256 mm (Tabla 3.1). Se obtienen así los términos de la escala granulométrica, divididos en cuatro clases, de más pequeño a más grande: arcilla, limo, arena y grava (Departamento de Geología-Universidad de Oriente, 2001).

Tabla 3.1 Escala de Udden-Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Modificada de Departamento de Geología-Universidad de Oriente, 2.001).

Características Del sedimento		Fragmento		Grado	Tamaño (mm)		Tamizado	Nombre de la roca Consolidada	
					Decimal	Fracción			
Sedimento	Granular	(Análisis mecánico)	Canto rodado (Cantos grandes)	Canto o bloque	Muy Grande		4-2m.	Pasa por el tamiz N°3 y es retenida por el tamiz N°4	Conglomerado
					Grande		2-1m.		
					Mediano		1-0,5m.		
					Pequeño		0,5-0,256m.		
			Guijarro (Cantos medianos)	Guijón	Grande		256-128		
					Pequeño		128-64		
			Grava (Cantos pequeños)	Guijarros	Muy Gruesa		64-32		
					Gruesa		32-16		
					Media		16-8		
					Fina		8-4		
		Gránulos	Muy Fina		4-2				
	Cohesivo	(Análisis por pipeteado hidrómetro)	Arena	Muy Gruesa	2-1	2-1	Pasa por el tamiz N°4 y es retenida por el tamiz N° 200	Arenisca	
				Gruesa	1-0,5	1-1/2			
				Media	0,5-0,25	1/2-1/4			
				Fina	0,25-0,125	1/4-1/8			
				Muy fina	0,125-0,0625	1/8-1/16			
Limo			Grueso	0,0625-0,0313	1/16-1/32	Pasa Por el tamiz NO200	Limolita		
			Medio	0,0313-0,0156	1/32-1/64				
			Fino	0,0156-0,0078	1/64-1/128				
			Muy fino	0,0078-0,0039	1/128-1/256				
Arcilla			Gruesa	0,0039-0,0020	1/256-1/512	Lutitas y Argilitas			
	Media	0,0020-0,0010	1/512-1/1.024						
	Fina	0,0010-0,0005	1/1.024-1/2.048						

3.2.2 Columna estratigráfica

Las columnas estratigráficas son los medios gráficos más útiles y familiares de expresar los datos estratigráficos de las secciones medidas. Las columnas estratigráficas muestran las secuencias verticales, interrelaciones y espesor de unidades estratigráficas e ilustran su litología por símbolos convencionales.

La elaboración de una columna estratigráfica es un proceso que implica el análisis del registro geológico en cualquier tipo de afloramiento sedimentario. Donde se toman en consideración las características litológicas y físicas de un nivel estratigráfico en particular, ya que resultan importantes para conocer los procesos que intervinieron en su formación. Uno de los parámetros más sencillos de apreciar en campo viene a ser sin duda, las estructuras sedimentarias, debido a que se hallan a escala macro y microscópica, además de que son bastante frecuentes en arenisca y calizas, tanto en depósitos sedimentarios antiguos como en recientes. Su identificación, asociada a la litología permite entender la serie de cambios sedimentológicos no solo en un nivel aislado, sino a través de un set completo de la secuencias (Blandón, A, 2002).

3.2.3 Parámetros estadísticos de los sedimentos

Existen diversas maneras para representar los caracteres físicos de un sedimento a partir de:

3.2.3.1 Mediana (Md)

Es el punto medio de la distribución del sedimento y está determinado por el punto donde se interceptan la curva acumulativa y la línea del 50 por ciento. Indica

que el 50% del material es más grueso y el 50% más fino. El primer y el tercer cuartil (Q1 y Q3, respectivamente) son determinados de manera idéntica mediante la intersección de las curvas acumulativas con las líneas de 25 y 75 por ciento, respectivamente (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).

3.2.3.2 Coeficiente de sesgo o simetría (Sk)

Demuestra el grado de simetría con respecto a la modalidad de la curva indicando dónde ocurre la mayor concentración de partículas del mismo diámetro con respecto al diámetro medio; en otras palabras, muestra en qué lado del diámetro medio ocurre el mayor escogimiento del material (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).

$$SK = \frac{Q1*Q3}{Md^2} \quad (3.1)$$

Si se usa log10 de Sk en vez de Sk, el valor de la simetría perfecta permanece en cero, y todos los otros valores son o positivos o negativos, dependiendo de la dirección en que la curva esté sesgada. (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001). Los valores de simetría pueden compararse con la tabla propuesta por Folk, R. y Ward, W. (1957) (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001), para obtener el índice de asimetría (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Escala de asimetría (Folk, R. y Ward, W. 1957, en Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).

Coeficiente de simetría (Sk)	Rango
Muy asimétrico positivo	+1.00 a + 0.30
Asimétrico positivo	+0.30 a + 0.10
Simétrico	+0.10 a - 0.10
Asimétrica negativa	- 0.10 a - 0.30
Muy asimétrica negativa	- 0.30 a -1.00

3.2.3.3 Curtosis o agudez del pico (K)

Representa la agrupación apretada de las frecuencias en la modalidad. Puede ser expresada por la fórmula:

$$K = \frac{P_{95} - P_5}{2,44(Q_3 - Q_1)} \quad (3.2)$$

En la cual, Q1 y Q3 son los cuartiles, P95 indica la coordenada de la abscisa en el punto de la curva acumulativa correspondiente con el 95% y P5 la coordenada de la abscisa en el punto de la curva acumulativa correspondiente con el 5% (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001) (Tabla 3.3)

Tabla 3.3 Escala de curtosis (Folk, R. y Ward, W. 1957, en Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).

Término o clase	Rango
Muy platicúrtica	< 0,67
Platicúrtica	0,67 – 0,90
Mesocúrtica	0,90 – 1,11
Leptocúrtica	1,11 – 1,50
Muy Leptocúrtica	1,50 – 3,00
Extremadamente Leptocúrtica	> 3,00

Las formas básicas de curtosis pueden observarse en la figura 3.1 donde las curvas leptocúrticas presentan el pico más agudo y las platicúrticas son curvas más achatadas.

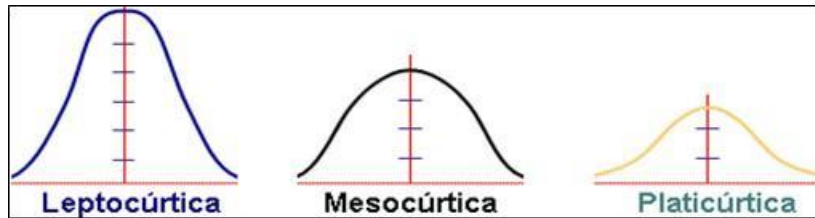


Figura 3.1 Tipos de curtosis de una curva (Quispe, R. 2014).

3.2.3.4 Coeficiente de uniformidad (U)

Representa el cociente entre el diámetro del grano, tal que el 60% de la muestra es inferior a él, y aquel diámetro donde el 10% de la muestra es inferior al mismo. Para un sedimento completamente uniforme, $U=1$ y si $U \neq 1$ el sedimento no es uniforme. (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001). El coeficiente propiamente dicho emplea el P_{40} y P_{90} como medida estadística, este se expresa por la fórmula:

$$U = \frac{P_{40}}{P_{90}} \quad 3.3$$

3.2.3.5 Coeficiente de selección (So)

Indica la distribución de las partículas a cada lado del diámetro medio (M_d), es decir, el grado de uniformidad de los granos. El S_o mide la desviación de los cuartiles con respecto al diámetro medio. Si los cuartiles están cerca del diámetro medio el sedimento está bien escogido, en caso contrario, lo está pobremente (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).

Cuando se clasifica una muestra como bien escogida, significa que todos los granos son relativamente del mismo tamaño, lo que implica a su vez, que la energía se

mantuvo constante independientemente si la intensidad es baja o alta (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001). El coeficiente de escogimiento es definido por la fórmula:

$$S_o = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}} \quad \text{Donde } Q_1 > Q_3 \quad (3.4)$$

De esta fórmula se desprende que a medida que Q_1 se aproxima a Q_3 , el coeficiente se acerca a 1, y mientras más próximo se esté a éste mejor escogido será el sedimento. Así, un valor de S_o menor que 2,5 indica un sedimento bien escogido, un valor de 3,0 es normal y un valor mayor que 4,5 indica un sedimento mal escogido (Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001). La tabla 3.4 muestra los rangos de valores según Folk, R. y Ward, W. (1957) correspondientes a los coeficientes de selección.

Tabla 3.4 Rangos de los coeficientes de selección (Folk, R. y Ward, W. 1957, en Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, 2001).

Término o clase	Folk y Wards (1975)	Friedman (1962)
Muy bien seleccionada	<0,35	<0,35
Bien seleccionada	0,36-0,50	0,36-0,50
Bastante bien seleccionada	0,51-0,71	0,51-0,80
Bastante seleccionada	0,72-1,00	0,81-1,40
Mal seleccionada	1,01-2,00	1,41-2,00
Muy mal seleccionada	2,01-4,00	2,01-2,60
Extremadamente mal seleccionada	4,00	>2,60

3.2.4 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas

La nomenclatura recomendada por la Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Metamórficas (SSRM), que es de la IUGS. En este sentido la SSRM recomienda el uso de solo tres nombres raíz: esquisto, gneis y granoblastita (schist, gneiss y grano fels). Al mismo tiempo recomienda el uso de cinco criterios para precisar la terminología (Castro, 2015).

Estos son:

1. La asociación mineral dominante,
2. La estructura de la roca.
3. El tipo de protolito.
4. Las condiciones de metamorfismo
5. La composición química de la roca.

Los dos primeros son los más relevantes en cuanto que son los más directamente observables en el estudio petrográfico preliminar de la roca, incluso en una descripción de campo sin ayuda del microscopio. Un hecho relevante es la implicación de connotaciones genéticas en la terminología usada para las rocas metamórficas. Por lo que es preciso agregar un sexto criterio a los antes mencionados: el grado metamórfico. Por ejemplo, el término esquisto está restringido para rocas de grado muy bajo a medio, De igual modo una roca de grado bajo compuesta por anfíbol y plagioclasa, no podría llamarse anfibolita sino esquisto anfibólico (Castro, 2015).

3.2.4.1 Clasificación basada en el protolito

El proceso metamórfico no siempre borra totalmente los rasgos texturales y microestructurales de la roca original, o protolito. En estos casos puede respetarse la

terminología del protolito anteponiendo el prefijo meta al nombre ígneo o sedimentario. Las rocas que han sido afectadas por dos procesos metamórficos se dice que son polifásicas y que el metamorfismo es polifásico, pero no se les aplica el prefijo meta- en ningún caso. Es común en la literatura geológica el uso de términos como metagabro, metagranito, metadolerita, metabasalto metagrauvaca, entre otros. El uso del prefijo meta, también se usa para hacer referencia a rocas metamórficas de formaciones geológicas bien estudiadas de las que se sabe su procedencia ígnea o sedimentaria.

Otra forma de hacer referencia al protolito en las clasificaciones es usar los prefijos para u orto para distinguir entre protolitos de procedencia ígnea o sedimentaria respectivamente. Se aplican exclusivamente para gneises y anfibolitas, ejemplos: orto para gneis y anfibolitas: paragneis, ortogneis, paraanfibolita, ortoanfibolita (Castro, 2015).

3.2.4.2 Clasificación basada en criterios de composición, estructura y grado metamórfico

Estos tres criterios: composición, mineralogía, estructura y grado de metamorfismo son esenciales para clasificar cualquier roca metamórfica. El problema que se presenta es que una misma roca puede ser denominada con varios nombres distintos según el criterio empleado.

El tipo de estudio geológico y la finalidad de las denominaciones son, entre otros, los factores que condicionan el uso de uno u otro criterio. Por ejemplo, un esquisto derivado de un protolito sedimentario puede ser denominado como metagrauvaca según la composición del protolito, como esquisto de grado medio, según la paragénesis mineral o simplemente esquisto siguiendo el criterio estructural

3.2.4.3 Clasificación de las rocas Plutónicas

Las rocas ígneas plutónicas se denominarán en función de su composición modal, pudiéndose encuadrar dentro de dos casos generales:

1. Rocas con $M < 90$ (siendo M el porcentaje de minerales que no correspondan con cuarzo, plagioclasa, feldespatos alcalinos y feldespatoideos, es decir, todos los minerales máficos más algunos otros claros como la moscovita, los carbonatos o el apatito). En este caso las rocas se proyectarían en el clásico diagrama QAPF (Figura 3.2), donde Q hace referencia a la abundancia relativa de cuarzo, P a la de plagioclasa con la excepción de la albita, A la cantidad de feldespatos alcalinos (incluida la albita) y F indicando el porcentaje relativo de minerales del grupo de los feldespatoideos (por ejemplo, nefelina, leucita o sodalita-haüyna) (Universidad Complutense de Madrid, 2014). En este grupo se encuentran granito rico en cuarzo, granito, granodiorita, cuarzo sienita, sienita, cuarzo sienita de feldespato alcalino, sienita de feldespato alcalino cuarzo monzonita y monzonita (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

Las rocas dominadas por la plagioclasa se proyectan en campos que admiten tres términos: anortosita, diorita y gabro. La anortosita se distingue por tener $M < 10$, la diorita tiene $M > 10$ y la composición de la plagioclasa está en el rango An0-An50, y el gabro tiene $M > 10$ y la composición de la plagioclasa está en el rango An50-An100 (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

2. Rocas con $M > 90$ o rocas ultramáficas. Estas rocas poseen unos diagramas de clasificación propios que también están basados en los porcentajes de las fases minerales más frecuentes, que son olivino, clinopiroxeno, ortopiroxeno y anfíbol.

Otros minerales que pueden presentar estas rocas en porcentajes menores son la plagioclasa, la espinela y el granate (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

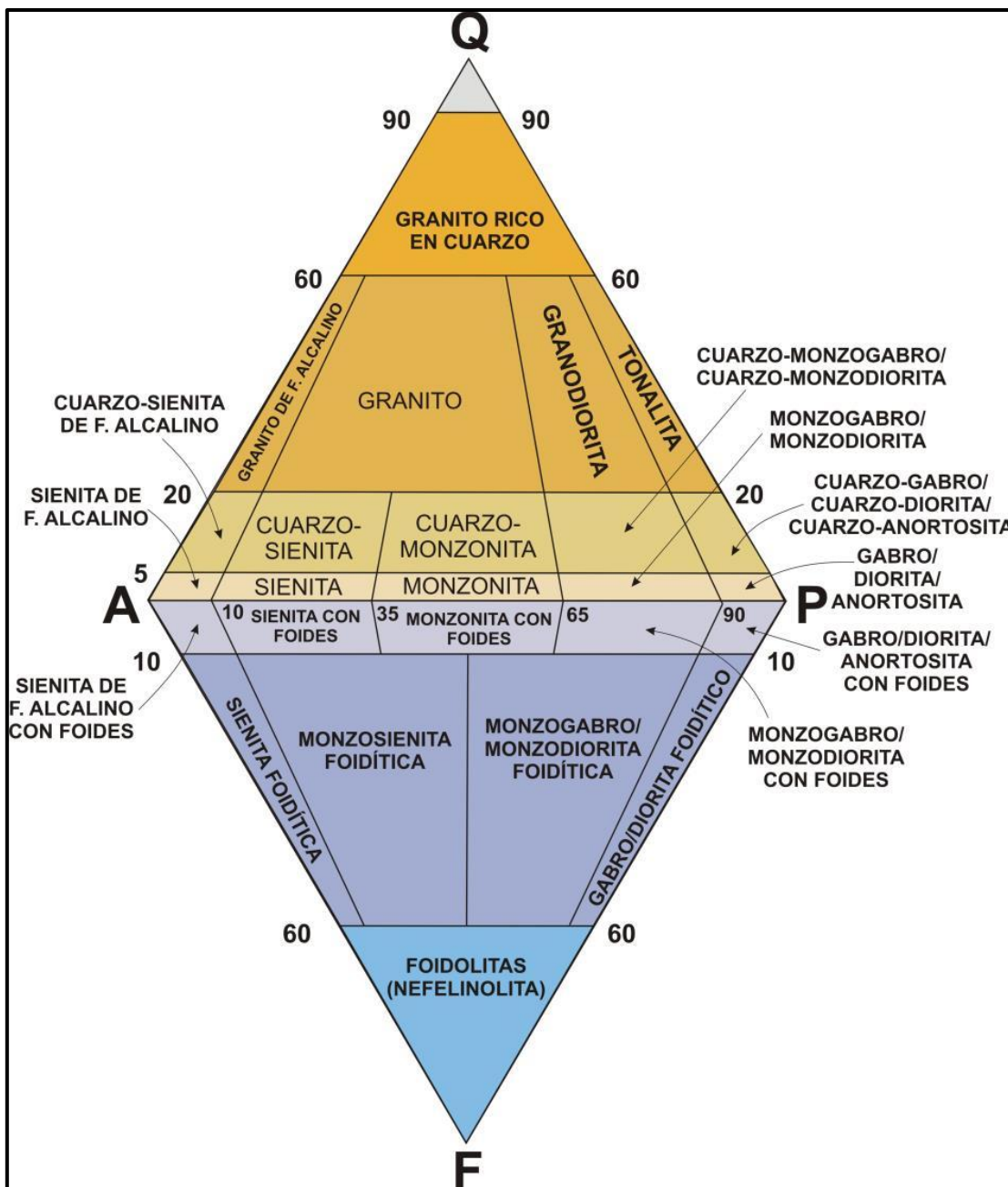


Figura 3.2 Diagrama de Streckeisen para rocas ígneas plutónicas (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

3.2.4.4 Texturas que definen el tipo de roca ígnea

Mediante la determinación de unas pocas características globales de una roca, se puede definir una textura general de la misma que por un lado ayuda a la hora de clasificarla y por otro permitirá a alguien que no haya visto la roca hacerse una idea clara del tipo de roca ígnea en cuestión. Estos son los parámetros que comúnmente se evalúan para hacer esta descripción (Universidad Complutense de Madrid, 2014):

1. Grado de cristalinidad: holocristalina, hipocristalina, vítrea y perlítica.
2. Tamaño relativo de los cristales: texturas equigranular: inequigranular, inequigranular seriada, porfídica, porfídica seriada, glomeroporfídica, poiquilítica y ofítica.
3. Tamaño absoluto de grano: fino, medio, grueso y muy grupo, y criptocristalina.
4. Forma de los cristales: idiomorfos prismáticos, tabulares y aciculares, subidiomorfos, alotriomorfos y alotriomorfos con cristales intersticiales, textura hipidiomorfa y textura panalotriomorfa.

3.2.5 Diagrama de Rosas o Roseta

Es un histograma circular que muestra los datos de dirección y la frecuencia de cada clase. Los diagramas de rosa son de uso común en la geología sedimentaria para mostrar datos de paleocorrientes, o la orientación de partículas.

En geología estructural diagramas de rosa se utilizan para trazar la orientación de las diaclasas, fallas, lineaciones y los diques. Las direcciones del viento y frecuencias también se pueden trazar en los diagramas de rosa (Pdfcoffee, 2022).

Una roseta 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 buzamiento o la dirección de inclinación. En conclusión, se puede describir este diagrama como un histograma de forma redonda. Con los rangos de azimut al margen del círculo desde arriba (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en sentido de reloj. La cantidad de los datos a respecto de un rango se encuentra en el eje desde el centro como 0%, y hacia al margen como 100% (Figura 3.3) (Pdfcoffee, 2022).

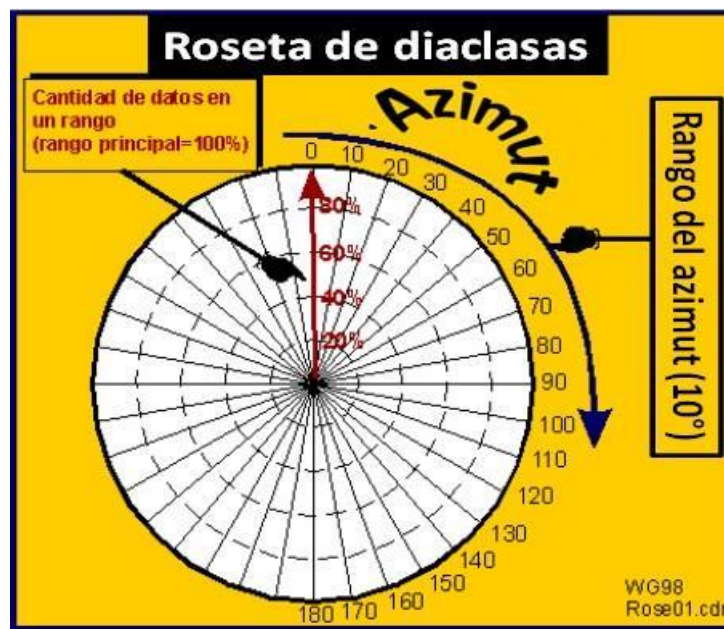


Figura 3.3 Roseta de diaclasas (Pdfcoffee, 2022).

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Rumbo y buzamiento

Línea resultante de la intersección de un plano horizontal ideal y un plano geológico inclinado. Dicha línea de intersección pertenecerá, por tanto, a los dos planos y su orientación se dará por el ángulo horizontal que forma respecto del norte

geográfico. Obviamente, un plano horizontal no tiene dirección de capa (Delgado y otros, 2010).

El Buzamiento real es el ángulo que forma respecto de la horizontal un plano geológico, medido éste en una dirección estrictamente perpendicular a la dirección de capa del mismo plano. Es el ángulo de inclinación máximo que presenta ese plano. Si la dirección en la que se mide el plano no es perpendicular al rumbo de la capa, obtendremos un ángulo de buzamiento menor, al cual denominaremos buzamiento aparente. Sus valores van de 0 (plano horizontal) a 90° (plano vertical) (Delgado y otros, 2010). (Figura 3.4)



Figura 3.4 Dirección y buzamiento real de un plano geológico (Geotécnia fácil, 2024)

3.3.3 Foliación

Es la persistente estructura planar de las rocas metamórficas derivadas de la alineación paralela de las hojas de minerales como las micas, así como los granos y las capas minerales en escala muy fina. La mayor parte de la foliación es causada por

la orientación de los filosilicatos como minerales de arcilla, micas y clorita (Méndez, J. 2006).

3.3.4 Afloramiento rocoso

Un afloramiento o afloramiento rocoso es una exposición visible de roca madre o de depósitos superficiales antiguos en la superficie de la Tierra. Los afloramientos no cubren la mayoría de la superficie terrestre de la Tierra porque en la mayoría de los lugares la roca madre o los depósitos superficiales están cubiertos por un manto de suelo y de vegetación y no se pueden ver ni examinar de cerca. Sin embargo, en lugares donde la cubierta suprayacente se elimina a través de la erosión o por levantamiento tectónico, la roca puede quedar expuesta o recortada. Tal exposición ocurrirá con mayor frecuencia en áreas donde la erosión es rápida y excede la tasa de intemperismo o meteorización, como en las laderas empinadas, las crestas y cimas de montañas, las riberas de ríos y las áreas tectónicamente activas. La roca madre y los depósitos superficiales también pueden quedar expuestos en la superficie de la Tierra debido a las excavaciones humanas como a la extracción y a la construcción de las rutas de transporte (González, I. y Ferrer M. 2002).

3.2.5 Gneis

Rocas cuarzo feldespáticas de grano grueso a medio, con foliación menos marcada que en los esquistos debido a la menor proporción de filosilicatos (Esencialmente moscovita y/o biotita). Para definir una roca como gneis debe contener más de un 20 % de feldespatos. Su origen es diverso, pudiendo derivar tanto de rocas ígneas (ortogneises) como sedimentarias (paragneises); algunos gneises se producen en condiciones de alto grado por fusión parcial de esquistos u otros gneises, denominándose gneises migmatíticos (Bard, P.J., 1985).

3.2.6 Sills

Es una masa tabular de roca ígnea, con frecuencia horizontal, que ha instruido lateralmente entre dos capas antiguas de roca sedimentaria, capas de lava volcánica o toba volcánica, o a favor de la foliación en rocas metamórficas (Mattauer, Maurice 1973); que suelen ser concordantes con la estructura de la roca encajante. A diferencia de los diques, su extensión o propagación lateral puede ser muy grande mientras que su crecimiento en la vertical es muy inferior, dando lugar a cuerpos intrusivos sencillos (, 2024). (Figura 3.5).

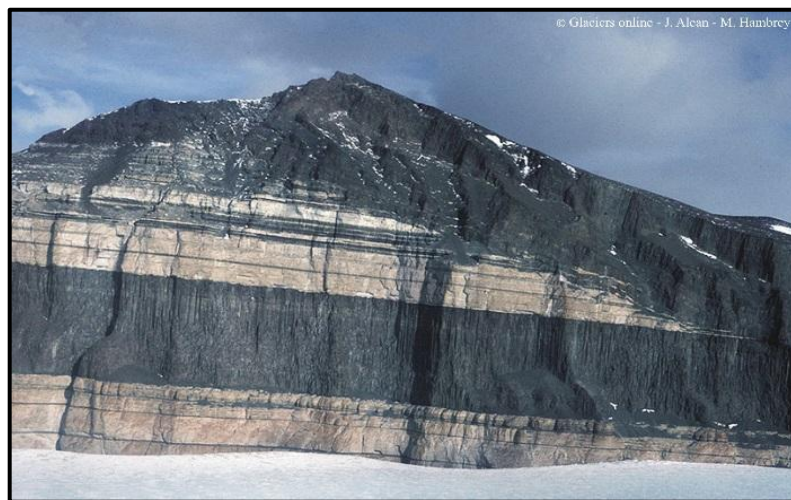


Figura 3.5 Sills de composición gabroidea, intruidos en areniscas (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

3.2.7 Diques

Son extensiones tabulares verticales o fuertemente inclinadas que atraviesan las rocas encajantes (Mattauer, Maurice, 1973). Representan conductos de forma laminar y disposición subvertical que atraviesan la litosfera conectando el sistema magmático entre diferentes intrusiones (sills, plutones, lopolitos, lacolitos, facolitos) y también

con las diferentes manifestaciones extrusivas (volcanes y erupciones fisurales) Figura 3.6). (Universidad Complutense de Madrid, 2014).



Figura 3.6 Diques de basalto (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

3.2.8 Diaclasas o juntas

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.

3.2.9 Tipos de diaclasas

3.2.9.1 Diaclasas según su apariencia

Las diaclasas se pueden diferenciar por su conjunto, su apariencia en sets o grupos (Figura 3.7) (Geovirtual, 2023).

1. No sistemáticas son diaclasas sin una orientación preferida
2. Diaclasas sistemáticas marcan una orientación preferida.
3. Ortogonales son conjuntos de diaclasas con intersecciones de alrededor 90° .
4. Diaclasas conjugadas muestran una intersección entre 30° y 60° .

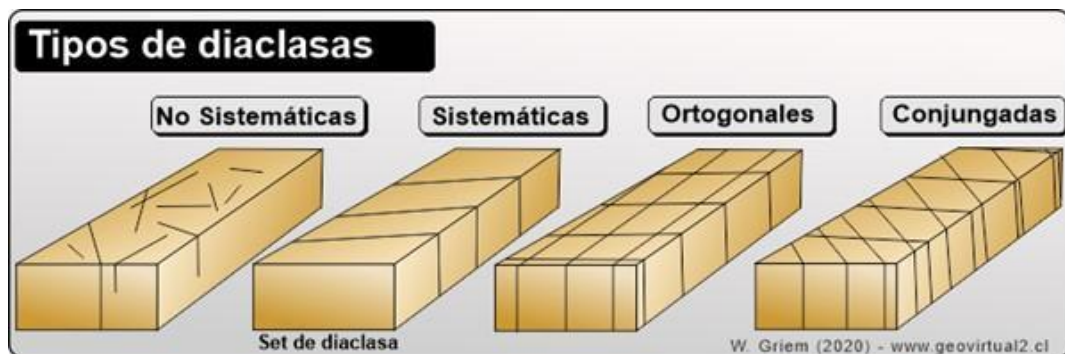


Figura 3.7 Tipos de diaclasas (Geovirtual, 2023).

3.2.9.2 Diaclasas según su longitud

Se clasifican en:

1. Maestras
2. Mayores
3. Menores

3.2.9.3 Diaclasas según su importancia relativa y los criterios de trabajo

1. Frecuencia: número de planos de diaclasas intersectados por una línea perpendicular a ella.
2. Densidad: número de diaclasas contenidas en una unidad de área.
3. Espaciamiento: distancia promedio entre los diferentes planos de fracturas, reconocidos a lo largo de una distancia determinada.

3.2.10 Familias de diaclasas

Se define una familia de diaclasas como un arreglo de diaclasas que son paralelas o subparalelas. Son un grupo formado por todas las diaclasas sistemáticas que aparecen en una región (Figura 3.8) (Fossen, 2010).

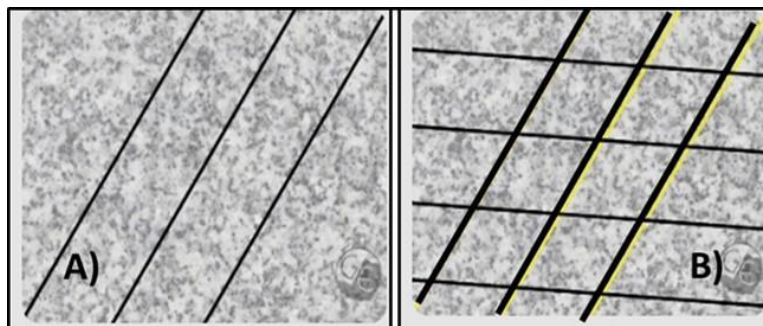


Figura 3.8 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) Fossen, 2010).

3.2.11 Sistema de diaclasas

Se define un sistema de diaclasas como dos o más familias de diaclasas que se interceptan a un ángulo aproximadamente constante. Si son ortogonales, se habla de sistema ortogonal de diaclasa, si hacen ángulo de 30° o 60° se habla de sistema conjugado de diaclasa (Fossen, 2010) (Figura 3.9).

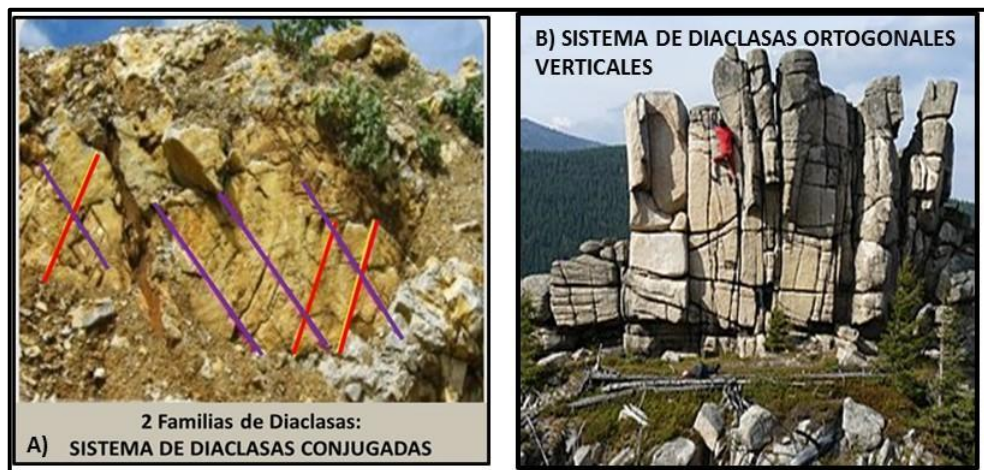


Figura 3.9 Diaclasas conjugadas (A) (Fossen, 2010); y diaclasas ortogonales (B) (Wikipedia; 2016).

3.2.12 Diaclasas tectónicas

Son aquellas que se forman como resultado de la aplicación de tipo tectónico sobre la roca. Estas estructuras se forman sobre el plano que contiene a los esfuerzos principales máximos $-\sigma_1-$ y medio $-\sigma_2$ y se abren perpendicularmente al esfuerzo principal máximo $-\sigma_3$ (Fossen H., 2010) (Figura 3.10).

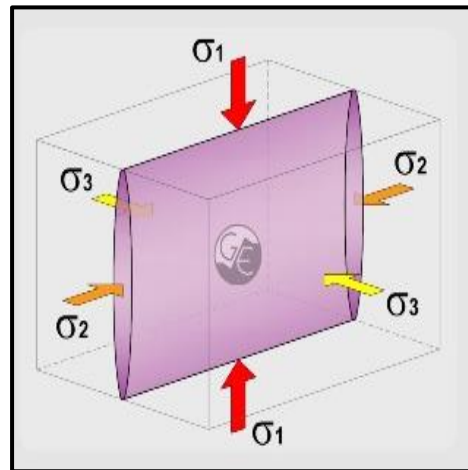


Figura 3.10 Esfuerzos principales en diaclasas tectónicas (Fossen H., 2010).

3.2.13 Relación de las diaclasas con otras estructuras

Las diaclasas al igual que la mayoría de las estructuras geológicas, no ocurren aisladas dentro de la roca si no acompañada con otras estructuras. A continuación, se presentan algunas de las diaclasas que pueden formarse simultáneamente con otras estructuras.

3.2.14 Diaclasas y fallas

Las diaclasas se encuentran comúnmente asociadas con las fallas por ser ambas estructuras frágiles. Existen tres tipos comunes de asociación entre fallas y diaclasas (Van der Pluijm y Marshak, 2004 en Fossen 2010).

1. Diaclasas tectónicas formadas por el mismo campo de esfuerzos que crea la falla.
2. Diaclasas formadas por el desarrollo de extensión local en una zona de irregularidad geométrica, en uno de los bloques divididos por la falla.

3. Diaclasas denominadas diaclasas pinadas, adyacentes a zona de rupturas de la falla, a 30° o 45° de la superficie de la falla, que se forman por extensión local mientras la falla se mueve.

3.2.14.1 Diaclasas y pliegues

Las diaclasas que se forman contemporáneamente con los pliegues, en un régimen de deformación frágil-dúctil pueden ser (Figura 3.11):

1. Fracturas de cizalla, formadas a aproximadamente 30° con respecto al plano definido por σ_1 y σ_3 que forman entre si aproximadamente 60° (conjugadas).
2. Fracturas de tensión asociadas al estiramiento en la zona de la cresta del pliegue, las cuales pueden ser conjugadas formando 30° con respecto al plano definido por $\sigma_3 - \sigma_2$.
3. Fracturas compresivas asociadas a la construcción en el núcleo del pliegue, generalmente son conjugadas formando 30° con respecto al plano definido por $\sigma_3 - \sigma_2$ (Twiss y Moores, 2007).

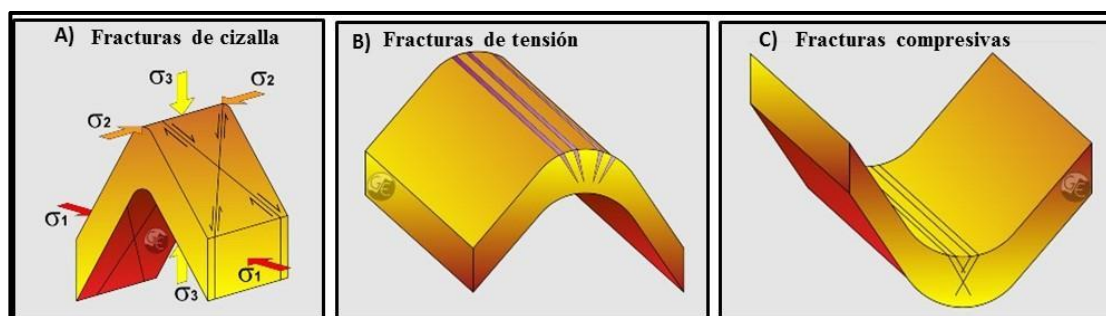


Figura 3.11 Diaclasas contemporáneas a los pliegues (Twiss y Moores, 2007).

3.2.15 Diaclasas e intrusivos

Los frentes de intrusión especialmente aquellos de grandes cuerpos plutónicos, generalmente modifican el campo de esfuerzos local, haciendo que el esfuerzo principal máximo sea paralelo al frente de intrusión. Esta modificación hace que se desarrollen diaclasas paralelas al frente de intrusión que, generalmente se rellenan con fluido magmático. Geomorfológicamente se crean plegamientos por flexión y estructuras circulares (Fossen H., 2010).

3.2.16 Zonas de cizalla

Una zona de cizalla puede definirse como una falla que se forma bajo un ambiente de deformación dúctil (Fossen H., 2010). Lo anterior implica que la zona de cizalla sufre movimientos iguales a los de la zona de fallas (normal, inverso, dextral, sinistral u oblicuo) provocados por la misma relación de esfuerzos (teoría de Anderson).

Las zonas de cizalla se caracterizan por ser superficies tabulares (foliadas) en las que la deformación es notablemente mayor que en las rocas que la rodean y los contactos con dichas superficies suelen ser gradacionales (Van der Pluijm y Marshak (2004) en Fossen H. (2010).

3.2.17 Estructuras de cizalla (SC)

Las estructuras S-C o *S-C fabrics* son zonas de cizalla que pueden desarrollar algún tipo de desplazamiento neto por lo que a veces es posible observarlas como fallas propiamente dichas. La zona de cizalla principal donde ocurre el movimiento se le conoce como “C”, mientras que las estructuras “S” corresponden a las esquistosidades que yacen dentro y a lo largo de las trazas de C. Es importante

recalcar que la relación geométrica entre C y S suele ser bastante notoria. De modo que no es posible que su identificación sea confundida con otras relaciones geométricas que puedan parecer similares tal como es el caso de fracturas tipo riedel y/o foliaciones respecto a la zona de cizalla principal. Así, la regla establece (Allmendinger, 1987; McClay, 1987) que la traza de las esquistosidades (S) tiende a ser perpendicular a la dirección de compresión máxima (σ_1), siendo esta última oblicua respecto a C por lo que este tipo de convergencia determina el sentido del movimiento según sea el caso (Figura 3.12).

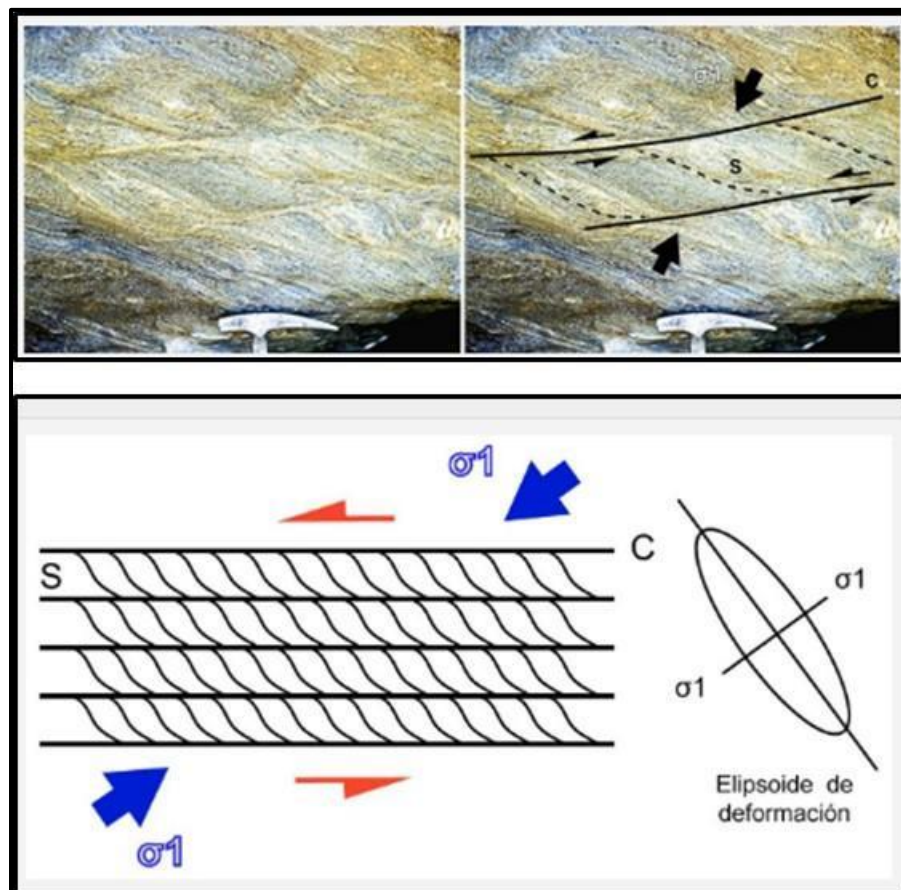


Figura 3.12 Estructura S-C de convergencia oblicua en una zona de cizalla sinestral (Allmendinger, 1987).

3.2.18 Plegamiento pasivo o de flujo

Plegamiento pasivo ocurre como resultado de amplificación de irregularidades naturales en las capas o como consecuencia de flujo diferencial (Van der Plujim & Marshak, 2004). El plegamiento pasivo ocurre en capas que definen un contraste, actuando como marcadores que registran la deformación, pero que no ejercen influencia alguna en la forma del pliegue y en el proceso de plegamiento (Fossen, 2010) (Figura 3.7).



Figura 3.13 Plegamiento de flujo (Fossen, 2010).

3.2.19 Estructuras relacionadas con las zonas de cizalla

Dado que en las zonas de cizalla formadas en la zona transición, pueden desarrollarse estructuras tanto dúctiles como frágiles, es posible encontrar para un mismo sistema de esfuerzos. O una o varias estructuras geológicas: foliación, pliegues, fallas normales, fallas inversa, fracturas riedel y fracturas antiriedel, entre otras ((Van der Plujim y Marshak (2004) en Fossen H. (2010) (Figura 3.14).

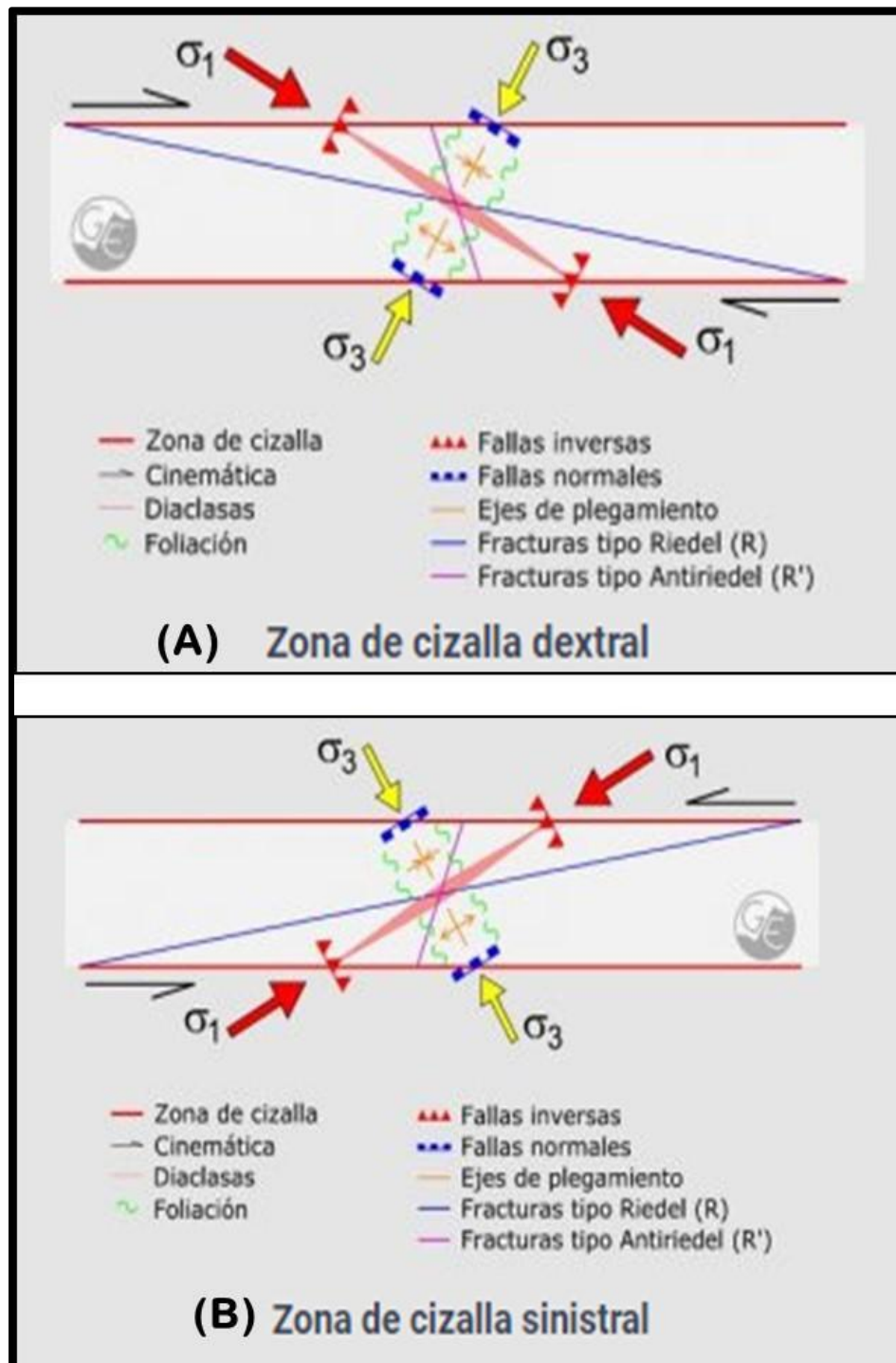


Figura 3.14 Estructuras relacionadas con las zonas de cizalla: dextral (A) y sinistral (B) (Fossen, 2010).

3.2.20 Medida de las direcciones características de las diaclasas

Se toman datos de orientación en el campo de poblaciones de diaclasas y luego se tratan estadísticamente para ver su distribución de frecuencia y se representan gráficamente en histogramas, rosetas, red estereográfica, para el análisis. En la figura 3.7, se observa la representación de 249 datos con direcciones entre 0 grados de azimut y 180 grados, y con varias opciones de ancho de los sectores de frecuencia, que son de 4° , 5° y 6° (Figura 3.15) (Jiménez Sebastián, 2016).

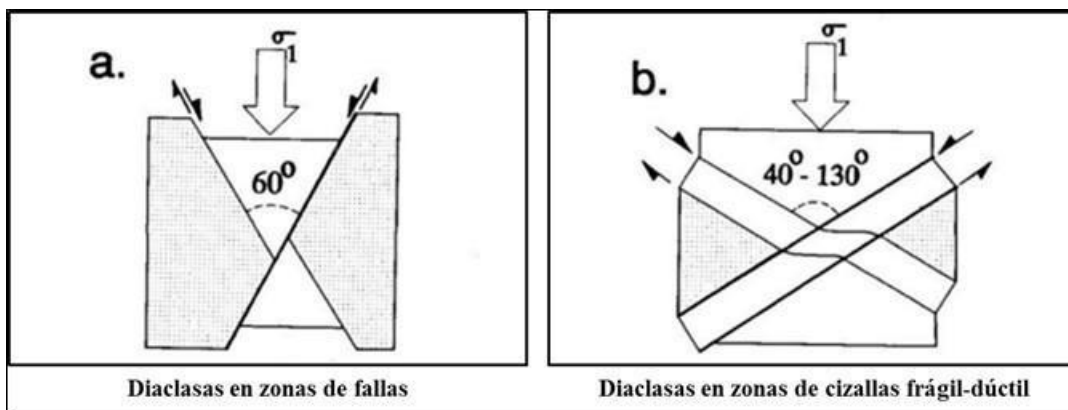


Figura 3.15 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez Sebastián, 2016).

En la figura 3.16 se presentan representación de frecuencias de diaclasas en diagramas de rosetas usando el método de proyección estereográfica con datos de azimut y en histogramas con intervalos de direcciones (Figura 3.17).

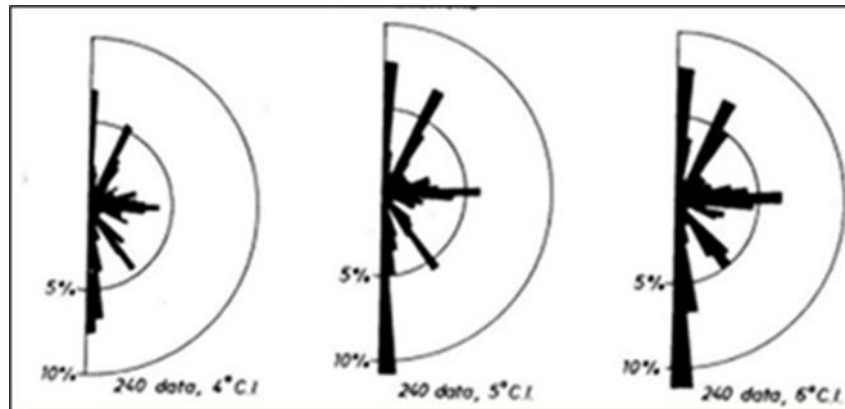


Figura 3.16 Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez Sebastián, 2016).

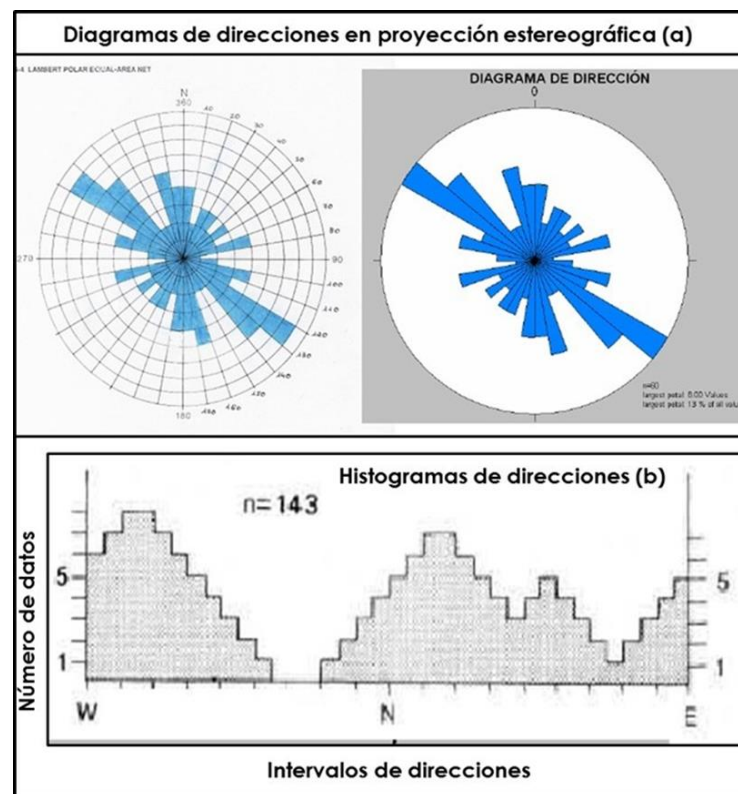


Figura 3.17 Representación de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Pérez, 2023).

3.2.21 Migmatitas

Es una roca metamórfica formada por anatexis (Proceso de fusión de las rocas) que conserva evidencia de fusión parcial a escala microscópica a macroscópica y, generalmente, es heterogénea. Las migmatitas representan la transición de rocas metamórficas a ígneas en el ciclo de las rocas.

La migmatita es una roca de silicato, heterogénea con propiedades de rocas ígneas y metamórficas. Por lo general, la roca contiene capas alternas más claras (leucosomas, compuestos de minerales de color claro como cuarzo, feldespato y moscovita) y capas más oscuras (melanosomas, compuestos de minerales de color oscuro como anfíbol y biotita).

Las migmatitas en realidad se parecen mucho a una roca relacionada: el gneis. Los gneises también contienen capas alternas de luz y oscuridad que resultan en condiciones de alta presión y temperatura. Sin embargo, en una definición estricta, los gneis son rocas metamórficas, lo que significa que las bandas de luz se forman solo mediante recristalización (Figura 3.18).



Figura 3.18 Migmatitas con pliegues marcados (A) (Flickr, 2015); (B) Universidad de Granada, 2014; (C) Geotecnia Fácil, 2014 y (D) Seaforth y Barrios, 2023).

3.2.22 Gneises

Se denomina gneis a una roca metamórfica compuesta por los mismos minerales que el granito (cuarzo, feldespato y mica) pero con orientación definida en bandas, con capas alternas de minerales claros y oscuros. A veces presenta concreciones feldespáticas distribuidas con regularidad, denominándose en este caso gneis ocelado. Es una roca foliada (Davis, George y otros, 2011).

Los gneis reciben diferentes denominaciones en función de los componentes (gneis biotítico, moscovítico), el origen (ortogneis si es producto del metamorfismo de rocas ígneas y paragneis, si lo es de rocas sedimentarias), o la textura (por ej. gneis ocelados) (Wikipedia, 2024) (Figura 3.19).



Figura 3.19 Ejemplos de tipos de gneises (Wikipedia, 2024).

3.2.23 Bandas gneísicas

[

Los minerales del gneis están dispuestos en capas que aparecen como bandas en sección transversal. A esto se le llama bandas gneísicas.¹⁰ Las bandas más oscuras tienen relativamente más minerales máficos (los que contienen más magnesio y hierro). Las bandas más ligeras contienen relativamente más minerales félsicos (minerales como feldespato o cuarzo, que contienen más elementos más ligeros, como aluminio, sodio y potasio). (Yardley, B.,1989).

Las bandas se desarrollan a alta temperatura cuando la roca está más fuertemente comprimida en una dirección que en otras direcciones (estrés no hidrostático). Las bandas se desarrollan perpendicularmente a la dirección de mayor compresión, también llamada dirección de acortamiento, a medida que los minerales laminados se rotan o recrystalizan en capas paralelas (Blatt y Tracy, 1996).

Una causa común de estrés no hidrodinámico es la sujeción del protolito (el material rocoso original que sufre metamorfismo) a una fuerza de corte extrema, una fuerza de deslizamiento similar al empuje de la parte superior de una baraja de cartas en una dirección, y la parte inferior de la cubierta en la otra dirección.¹⁰ Estas fuerzas estiran la roca como un plástico y el material original se extiende en láminas. Según el teorema de la descomposición polar, la deformación producida por tal fuerza

cortante es equivalente a la rotación de la roca combinada con acortamiento en una dirección y extensión en otra (Fossen, Haakon, 2016).

Algunas bandas se forman a partir de material rocoso original (protolito) que se somete a temperaturas y presiones extremas y se componen de capas alternas de arenisca (más clara) y lutita (más oscura), que se metamorfosea en bandas de cuarcita y mica (Marshak, Stephen, 2013).

Otra causa de las bandas es la "diferenciación metamórfica", que separa diferentes materiales en diferentes capas a través de reacciones químicas, un proceso que no se comprende completamente (Marshak, Stephen, 2013).

Dado que el granito a diferencia de otras rocas ya posee grano grueso es requiere menos deformación y metamorfismo formar una roca con estructura gneíscica a partir de un granito que de rocas volcánicas o sedimentarias (Wikipedia, 2024).

3.2.24 Pegmatita

Las pegmatitas en las migmatitas de desarrollo regional, han sido interpretadas de diversa manera; como producto de inyección magmática (con o sin metasomatismo simultáneo) como materiales expulsados de la roca huésped como resultado de fusión parcial (anatexis) o como concentraciones de sílice, alúmina y álcalis, formadas por difusión iónica a través de rocas sólidas (Toselli Alejandro J., 2010).

Asimismo como los plutones graníticos se han formado por intrusión de magmas ácidos, predecesor, por lo se las interpreta como productos de la cristalización de magmas graníticos acuosos, en sistemas cerrados, cuyas últimas fracciones enriquecidas progresivamente en agua, son concentradas hacia el interior

del cuerpo, de manera que el núcleo representa la etapa final de una cristalización en la que participa una fase acuosa gaseosa.

La concentración en constituyentes volátiles como condición necesaria para el desarrollo de las pegmatitas, es atribuida al desarrollo de una fase líquida residual, de bajo punto de fusión que se concentra en las etapas finales de la cristalización del magma ácido (Toselli Alejandro J., 2010).

3.2.25 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).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva según Arias, F. (2012) “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su escritura y comportamiento.”

Basado en esto se define esta investigación como descriptiva, ya que se establecen características litológicas, sedimentológicas y estructurales, a través de exploración en campo; obteniendo así las características del área para el estudio de su comportamiento.

4.2 Diseño de la investigación

Arias, F. (2012), define: La investigación de campo es 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.

Por último, esta investigación se define según la estrategia empleada para la recopilación de información como documental y a su vez de campo. Definiendo la investigación documental como aquella cuya estrategia está basada en el análisis de datos obtenidos de diferentes fuentes de información, tales como informes de investigaciones, libros, monografías y otros materiales informáticos; la investigación

de campo es el tipo de investigación basado en métodos o técnicas que permiten recoger datos en forma directa de la realidad donde se presentan (Montilla B. Juan C., 1992).

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Arias, F. (2012) “la población es el conjunto finito o infinito de unidades de análisis, individuos objetos o elementos que se someten a estudio; pertenecen a la investigación y son la base fundamental para obtener la información.”

En el presente caso se considerará como población de la investigación todos los sedimentos y afloramientos presentes en la zona media de la quebrada Carrizal en el sector del Fundo San Ignacio.

4.3.2 Muestra de la investigación

Arias, F. (2012) “la muestra es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido.

La muestra de esta investigación es de 14 muestras de sedimentos que se recolectaron en 2 calicatas; y 7 muestras de los afloramientos rocosos.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (Arias, F. 2012).

Ahora bien, la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente. A dicho soporte se le denomina un instrumento (Arias, F. 2012).

4.4.1 Revisión bibliográfica y cartográfica

En cuanto a la revisión bibliográfica se consultaron libros y páginas Web sobre definiciones de términos y clasificaciones técnicas, que se sirvieron de ayuda para obtener datos relacionados con la geología, sedimentología, y antecedentes de estudios previos.

Además se recopiló la cartografía existente, entre ella la hoja cartográfica Mayagua (7439) del año 1971, a escala 1:1000.000, los mapas geológicos y geomorfológicos de la hoja NB-20-2, a escala 1:100.000 de CVG Tecmin, (1991) y las imágenes satelitales de Google Earth.

4.4.2 Observación directa

Para Arias, F. (2012), la observación directa “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”.

En este trabajo se visitó la zona de estudio durante una semana para describir las características del área y realizar anotaciones sobre ella.

4.4.3 Instrumentos para la recolección de datos

Para llevar a cabo la presente investigación se utilizó la siguiente instrumentación:

- 1) GPS, calculadora, equipos informáticos (computador, impresora, memoria portátil y teléfono).
- 2) Programas de diseño y estadística asistidos por el computador.
- 3) Libreta de campo, pico, pala, peinilla, brújula, bolsas para muestras, cinta métrica y lupa de geólogo de 10x

4.4.4 Técnicas de la ingeniería a utilizar

4.4.4.1 Inspección de campo

En esta etapa se realizó la inspección o reconocimiento del área, para conocer las vías de acceso al área, ubicar las estaciones de trabajo y analizar toda la información necesaria sobre la zona de estudio, que permitió posteriormente realizar el levantamiento de campo. Entre las actividades que se realizaron después de realizar esta etapa fueron:

El levantamiento de campo con el fin de obtener observaciones y mediciones que permitan elaborar un mapa geológico, recolección de muestras a través de levantamiento geológico y estudios petrográficos.

4.4.4.2 Chequeo de campo

La ejecución de las labores de campo implicará realizar la recopilación de datos sobre las características físico-naturales; la descripción de las unidades sedimentarias tales como Sedimentos del Reciente, a través de la apertura de calicatas, coordenadas U.T.M. de los sitios de esas excavaciones y recolecciones de muestras de cada estrato identificado en ellas; y la descripción de los afloramientos anotando datos sobre las coordenadas U.T.M., los tipos de litologías y las estructuras geológicas asociadas, y mediciones de datos de rumbo y buzamiento de las estructuras.

4.4.4.3 Mapas geológicos de superficie

El mapa geológico es un documento bidimensional pero constituye la representación de unos objetos espaciales que tienen tres dimensiones. Resulta de expresar la intersección de los volúmenes litológicos sobre la superficie de la Tierra.

Ésta última es también una superficie tridimensional, lo que va a permitir extraer datos sobre la disposición espacial de las unidades geológicas debido a las variaciones topográficas.

4.4.4.4 Memoria explicativa

Interpretación de resultados de campo y análisis de laboratorio de las muestras seleccionadas y analizadas para diferentes propósitos cartográficos.

Procesamiento e integración de información cartográfica, de imágenes satelitales y de levantamiento de campo para representar en un mapa geológico de superficie de las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en el campo.

4.5 Flujograma de la investigación

Este trabajo se realizó en 4 etapas que son: 1) Planificación y selección del área. 2) Trabajo de campo, 3) Análisis de laboratorio y 4) Trabajo de oficina. A continuación, se presenta el flujograma (Figura 4.1) correspondiente a las actividades planteadas, en el cual se pueden apreciar los pasos a seguir para la validación del estudio realizado.

4.5.1 Etapa 1: Planificación y selección del área

Esta etapa constituye el inicio de la investigación y es de vital importancia. Para la selección del área se tomaron varios aspectos, la ubicación del área y que hubieran vías de acceso, que estuvieran relativamente cerca de Ciudad Bolívar debido a los costos del traslado, la seguridad del área en cuanto a maliantes, e información cartográfica y bibliográfica; posteriormente se realizó un reconocimiento de la zona para planificar el trabajo de campo, y ubicar las estaciones.

4.5.1.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica

Para la elaboración de esta investigación se revisaron fuentes bibliográficas para documentar metodologías a utilizar en el procesamiento de los datos de campo tales como la clasificación de los sedimentos según Udden- Wentworth, la clasificación de las partículas de sedimentos según Power, la morfoscopía de las partículas, clasificación de las rocas metamórficas y conceptos sobre las estructuras tectónicas, entre otros términos geológicos complementar la información acerca del tema en estudio. Obteniendo la información mediante la revisión de material bibliográfico como: tesis, textos, páginas WEB en línea, e informes técnicos sobre temas geológicos.

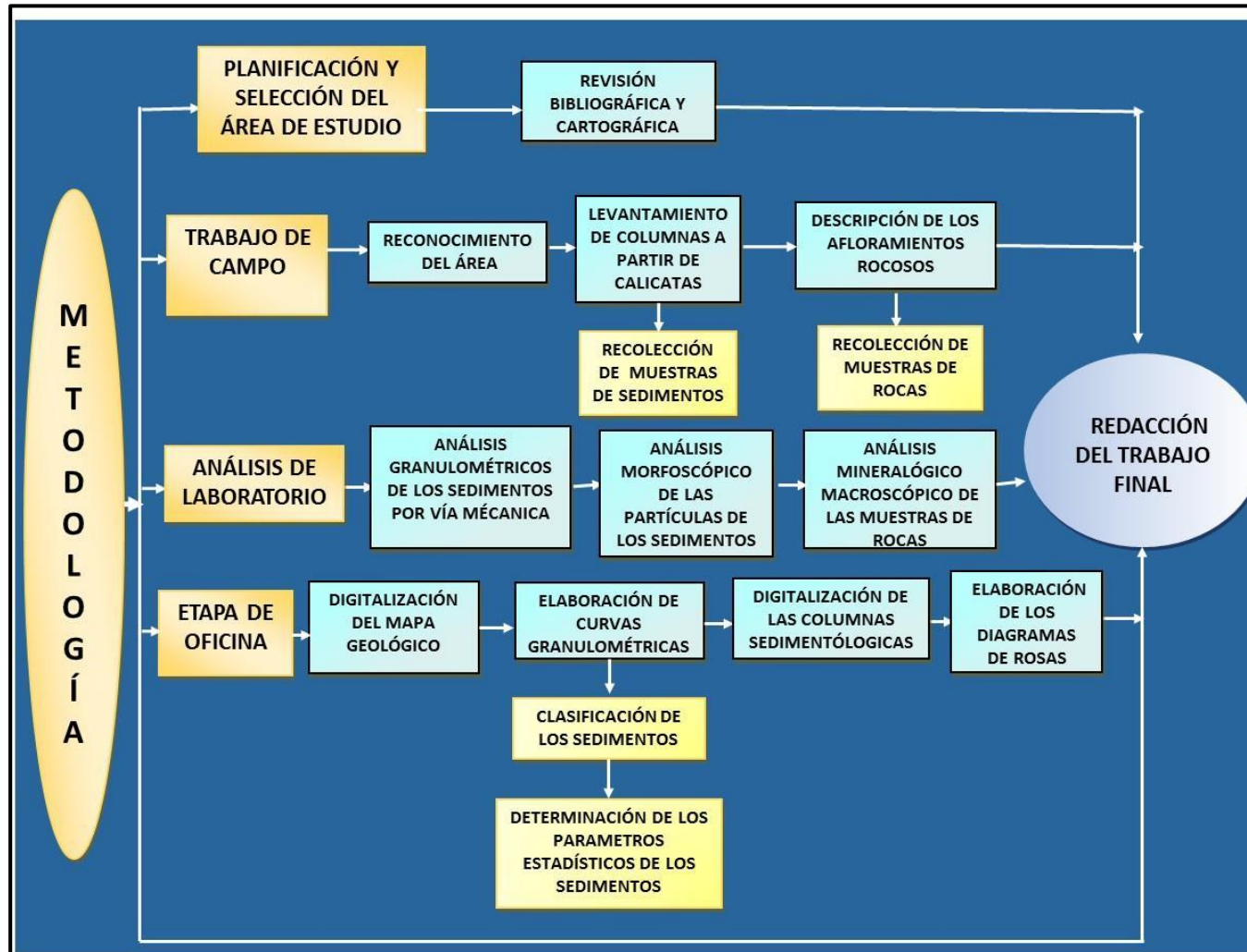


Figura 4.1 Flujo de la metodología de la investigación.

Para este trabajo se revisó e interpretó el material cartográfico a escala 1:100.000, específicamente la Hoja Mayagua (7439) de Cartografía Nacional del año 1971, los mapas geológicos y geomorfológicos de la hoja NB-20-2, a escala 1:250.000 de CVG Tecmin, (1991) y las imágenes satelitales de Google Earth.

4.5.2 Etapa 2: Trabajo de campo

Los pasos para esta actividad fueron:

- 1) Reconocimiento del área
- 2) Levantamiento de 2 columnas sedimentológica realizando calicatas y recolección de muestras.
- 3) Descripción de los afloramientos rocosos y recolección de muestras en 7 estaciones.

4.5.2.1 Reconocimiento del área

Consistió en realizar un recorrido de la zona realizando caminatas y recorrido con un vehículo para conocer las vías de acceso al área, ubicar las estaciones de trabajo y anotar las características sobre la zona de estudio y toma de fotografías del paisaje, que permitió posteriormente realizar el levantamiento de campo.

En esta fase se establecieron 9 estaciones de trabajo de ellas 2 en la unidad de Sedimentos del Reciente y 7 en afloramientos del Complejo de Imataca.

4.5.2.2 Levantamiento de columnas sedimentológicas a partir de calicatas

Lo primero que se hizo fue y asignarle un número a cada estación y determinar con el GPS las coordenadas U.T.M., luego se hicieron las calicatas para observar y

medir con la cinta métrica los espesores de los diferentes estratos, seguidamente se realizó la descripción de las litologías y el color de los sedimentos, se observó si tenían estructuras sedimentarias; y se tomaron de fotografías de las calicatas.

Posteriormente se recolectaron las muestras de sedimentos de cada estrato y se tomaron muestras de 1Kg, aproximadamente, se etiquetaron con el número de la estación y las coordenadas UTM, para realizarles análisis granulométricos por el método de tamizado en el laboratorio (Figura 4.2).



Figura 4.2 Actividad de apertura de calicatas y descripción de los sedimentos.

4.5.2.3 Descripción de los afloramientos rocosos, medición de rumbo y buzamiento de las estructuras y recolección de muestras de rocas

Lo primero que se hizo fue determinar con el GPS las coordenadas U.T.M de las estaciones ubicadas en los afloramientos rocosos, luego se midieron los rumbos y buzamientos de la foliación y las diaclasas, y posteriormente la recolección y etiquetado de las muestras y la toma de fotografías (Figura 4.3).



Figura 4.3 Ubicación del norte (A), identificación y medición de rumbos de las estructuras (B), descripción de estructuras (C) y recolección de muestras de rocas (D).

4.5.3 Etapa 3: Análisis de laboratorio

Se realizaron 2 tipos de análisis: a los sedimentos, granulométrico por tamizado y a las rocas mineralógicas macroscópicas.

4.5.3.1 Análisis granulométrico por vía mecánica (tamizado)

A las 4 muestras de sedimentos se les realizó el análisis por tamizado y se utilizaron los tamices 10, 18, 35, 60, 120, 200 y el pan. Que consistió, primero en pesar cada tamiz en la balanza electrónica, pesar una porción de cada muestra entre 500 a 600 gr, se seleccionaron tamiz por tamiz desde el mayor diámetro al menor diámetro, se colocó la muestra en el primer tamiz conjuntamente con el pan, y se inició el tamizado manual sacudiendo los tamices uno por uno conjuntamente con el pan, se anotaron los pesos del material retenido más el pan y el peso del pan con la muestra. Todos esos datos se anotaron en una tabla identificada con el sector de estudio la estación y la muestra con las coordenadas U.T.M-Huso 20 (Figura 4.4).



Figura 4.4 Tamizado mecánico de las muestras de las muestras.

4.5.3.2 Análisis de la morfoscopía de las partículas

De las 7 muestras de sedimentos, se les realizó el análisis morfoscópico a 5 muestras: El primer paso fue seleccionar una porción del sedimento retenido en el tamiz $\cdot 35$, y colocado en una capsula transparente de plástico. El segundo paso fotografiarlas con el teléfono celular con un zoom de 2, con la aplicación "Microscopio Zoom". El tercer paso fue analizar las formas de un mínimo de 200 partículas con el visor de imágenes de Windows (Figura 4.5), que se analizaron de acuerdo a las clases establecidas por Powers (1953), que son muy angulosas (MA), angulosas (A), subangulosas (SA), subredondeadas (SR) y redondeadas (R). Una vez con los datos del número de partículas por cada clase, se les calculó el % de ellas por muestra, que fueron representadas en una tabla y un histograma circular.

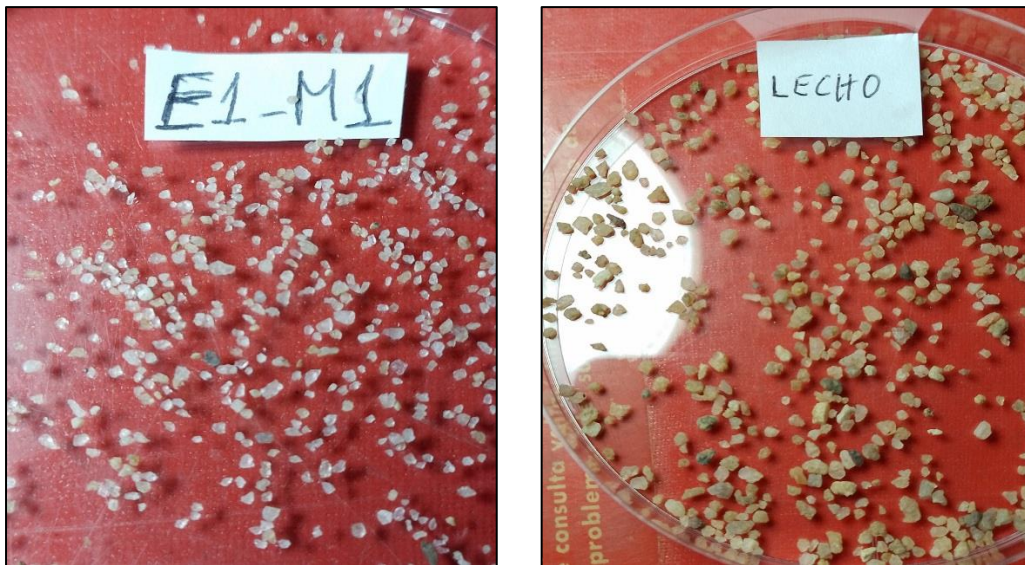


Figura 4.5 Muestras en capsulas plásticas, para el análisis de morfoscopía.

4.5.3.3 Análisis mineralógico macroscópico de las muestras de rocas

Se analizaron las 5 muestras de roca, de las estaciones E3 (1), E4 (1), E6 (1) y E7 (2), a las cuales se les determinó el porcentaje de los minerales, se utilizó un microscopio estereográfico y los diagramas de clasificación de acuerdo a la composición mineralógica; y que fue realizado por INGEOMIN – Ciudad Bolív

4.5.4 Etapa 4: Trabajo de oficina

En esta etapa se realizaron las curvas granulométricas, la digitalización del mapa geológico, la clasificación de los sedimentos, y la redacción del informe final.

4.5.4.1 Digitalización del mapa geológico

Para el mapa geológico se utilizó la información de la imagen satelital de Google Earth con la ubicación de las estaciones con las coordenadas U.T.M, la hoja cartográfica a escala 1:10000 de cartografía y los datos del levantamiento de campo; el cual fue digitalizado utilizando la aplicación de PowerPoint del Office 2016 y AutoCAD 2008. En este mapa se colocó la información de la ubicación relativa del área y la leyenda de la litología y símbolos geológicos.

4.5.4.2 Elaboración de las curvas granulométricas

Se elaboraron las 5 curvas granulométricas, utilizando Excel de la aplicación Office 2016, con los datos del % retenido y el diámetro de las partículas de acuerdo a la tabla del análisis granulométrico (Tabla 4.2) (Figura 4.6).

Tabla 4.2 Minuta para los datos de la curva granulométrica

E1-M1							
Tamiz #	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (gr)	Tamiz + Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material Retenido	% Material Retenido Acumulado	% Material Pasante
18	1,00	599,6	646,60	47,00	9,06	9,06	90,94
35	0,5	556	698,00	142,00	26,74	35,80	64,20
60	0,25	289,4	489,40	200,00	38,54	74,33	25,67
120	0,125	494,1	584,10	90,00	17,34	91,67	8,33
200	0,075	502,2	522,20	20,00	3,85	95,53	4,47
PAN		479,3	499,30	20,00	3,85	99,38	0,62
				Peso Final	519,0	99,38	
				Peso Inicial	531,0		
				Error	-12,0		

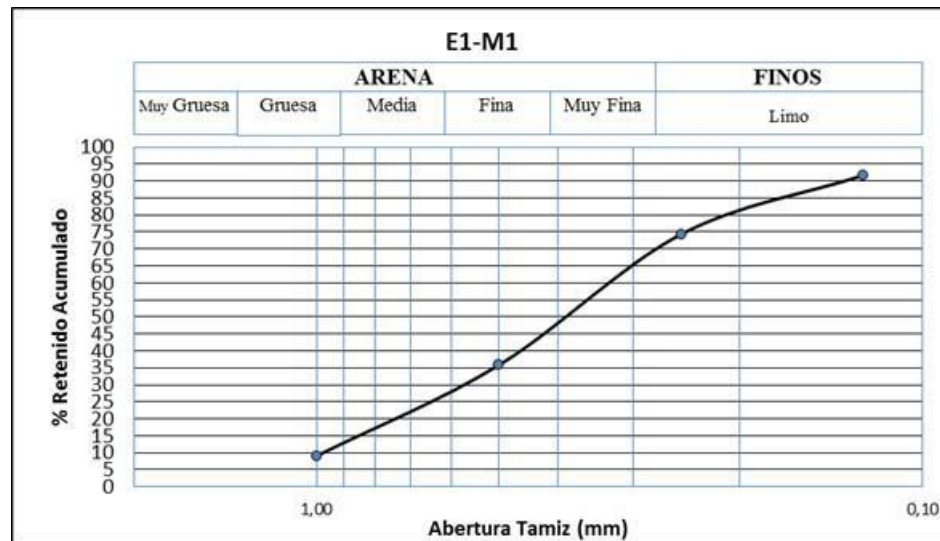


Figura 4.6 Curva granulométrica realizada en la aplicación Excel.

4.5.4.3 Clasificación de los sedimentos

Las curvas granulométricas de 9 muestras fueron analizadas, para clasificar a los sedimentos de acuerdo a la clasificación por tamaño de partículas de Udden – Wentworth, que posteriormente fueron incluidas en una tabla resumen elaborada en Excel con las texturas de cada una de las muestras.

4.5.4.4 Digitalización de las columnas sedimentológicas

Se utilizó la aplicación de PowerPoint de Office 2016, para digitalizar las 2 columnas sedimentológicas de las estaciones 1 y 2, utilizando tablas y formatos de tramas, y los datos de espesor, litología y muestras, a escala 1:10 (Figura 4.7).

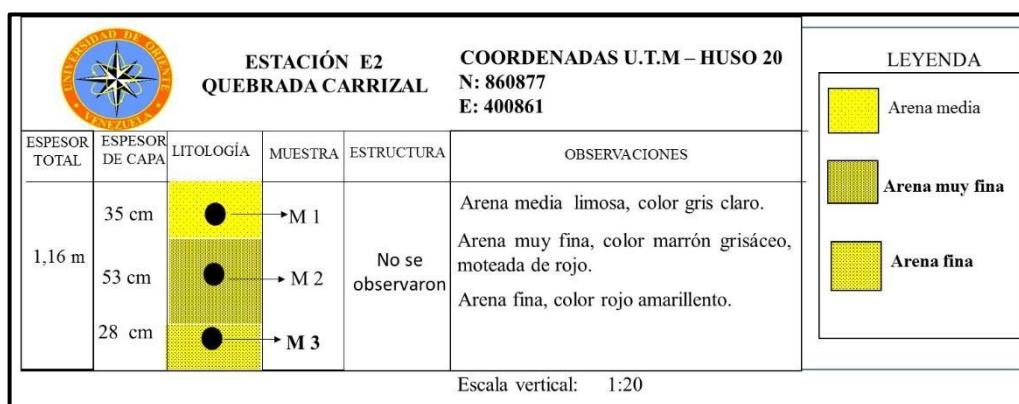


Figura 4.7 Modelo de columna sedimentológica digitalizada en PowerPoint

4.5.4.5 Cálculo de los parámetros estadísticos de los sedimentos

Los parámetros estadísticos de los sedimentos como la Mediana (Md), el coeficiente de sesgo o simetría (Sk), la curtosis (K), el coeficiente de Uniformidad (U) y el Coeficiente de Selección (So), se calculan por las ecuaciones presentadas en la Tabla 4.3, utilizando los diámetros de las partículas para los cuartiles de 25% y 75% (Q₁ y Q₃), la Mediana (Md), y los percentiles 5, 40, 90 y 95 (P₅, P₄₀, P₉₀ y P₉₅), que se obtienen a partir de la curva granulométrica elaborada con los porcentajes retenidos acumulados (Figura 4.8).

Tabla 4.3 Ecuaciones para calcular los parámetros estadísticos de los sedimentos.

<i>Simetría</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	<i>Coefficiente de Selección</i>
$Sk = \frac{Q_1, Q_3}{(Md)^2}$	$K = \frac{P_{95} - P_5}{2,44 (Q_3 - Q_1)}$	$U = \frac{P_{40}}{P_{90}}$	$S_o = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$

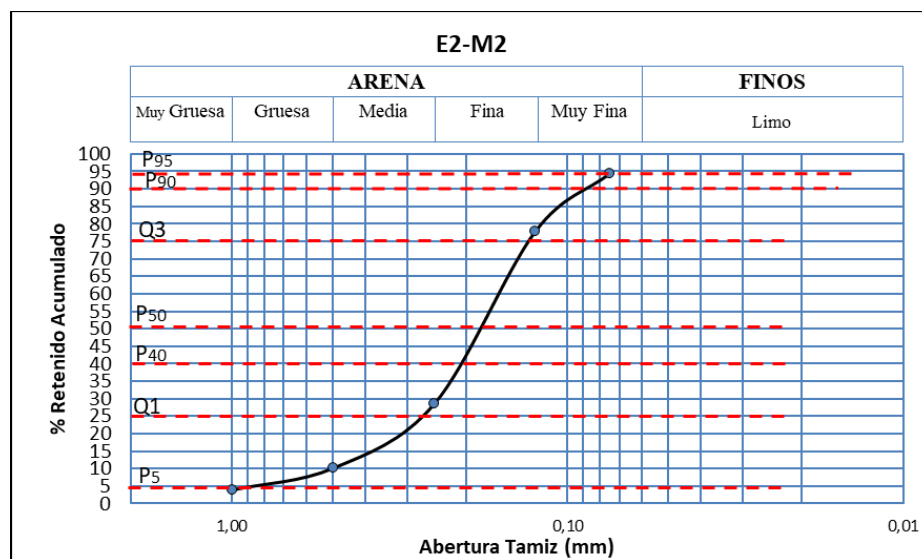


Figura 4.8 Curva granulométrica con los cuartiles y percentiles.

4.5.4.6 Elaboración de los diagramas de rosas

Para identificar las estructuras y los patrones presentes en la zona de estudio, se elaboraron diagramas de rosas utilizando los datos obtenidos en campo, como lo son los rumbos de las diaclasas y foliaciones.

Se realizó con la ayuda de un software especializado en diagrama de rosas (Stereonet), primeramente, se convirtieron los datos de rumbo a azimuth para poder ingresarlos a la data del software y así obtener el diagrama, para posteriormente, analizarlo.

En la ventana de la derecha en seleccionar New DataSet y colocar el nombre del proyecto, en la parte de abajo de esa ventana seleccionar Add Datum para escribir cada dato copiando el azimut y el nombre de la línea a trazar en el diagrama. Para borrar algún dato se selecciona y se hace click en Delete (Figuras 4.9, 4.10 y 4.11).

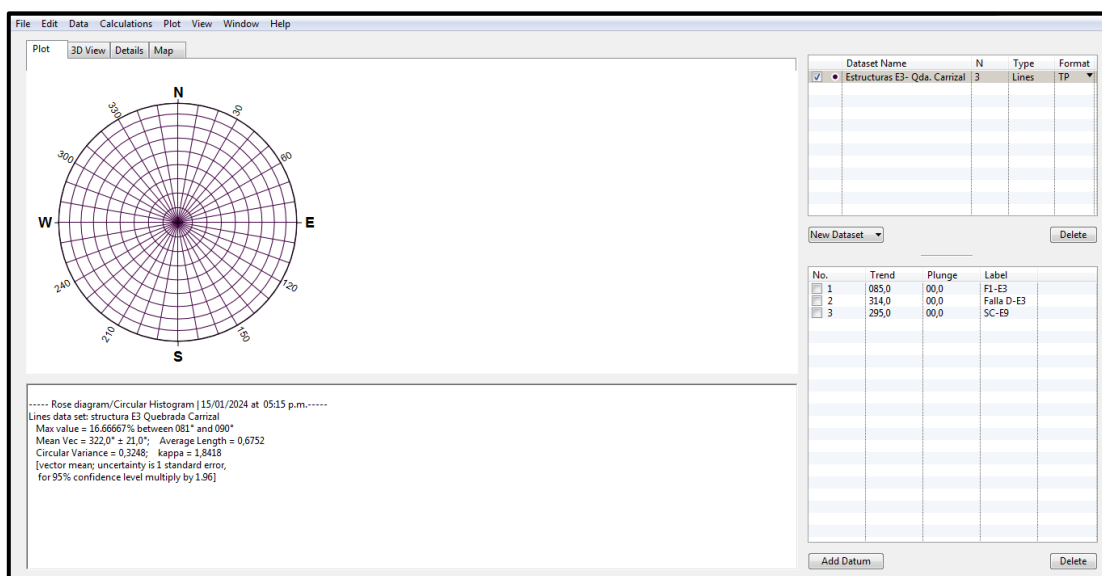


Figura 4.9 Ventana del software Stereonet, para cargar los datos iniciales.

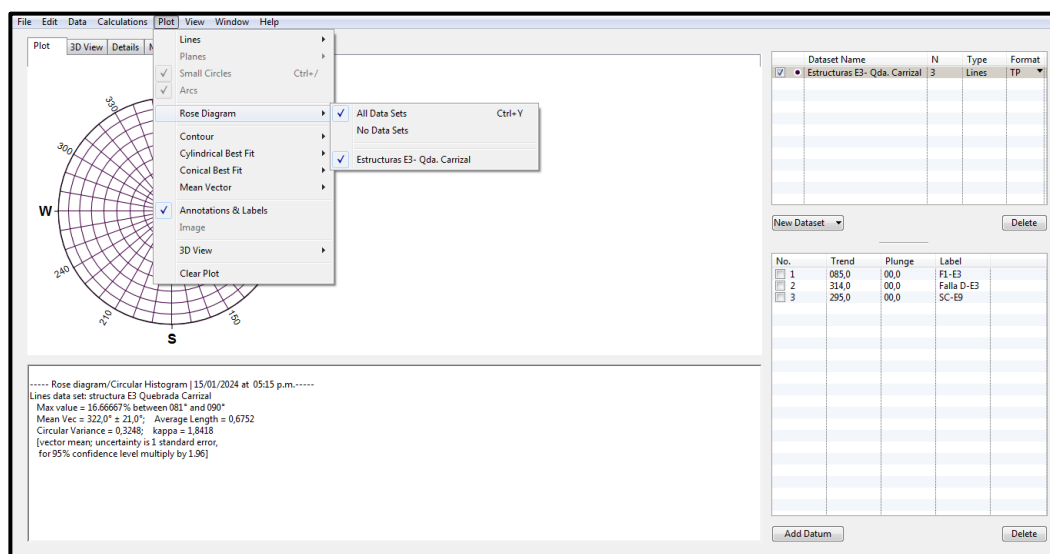


Figura 4.10 Ventana de la izquierda de software Stereonet, para activar la generación del Diagrama de Rosa, en la pestaña “Rose Diagram”.

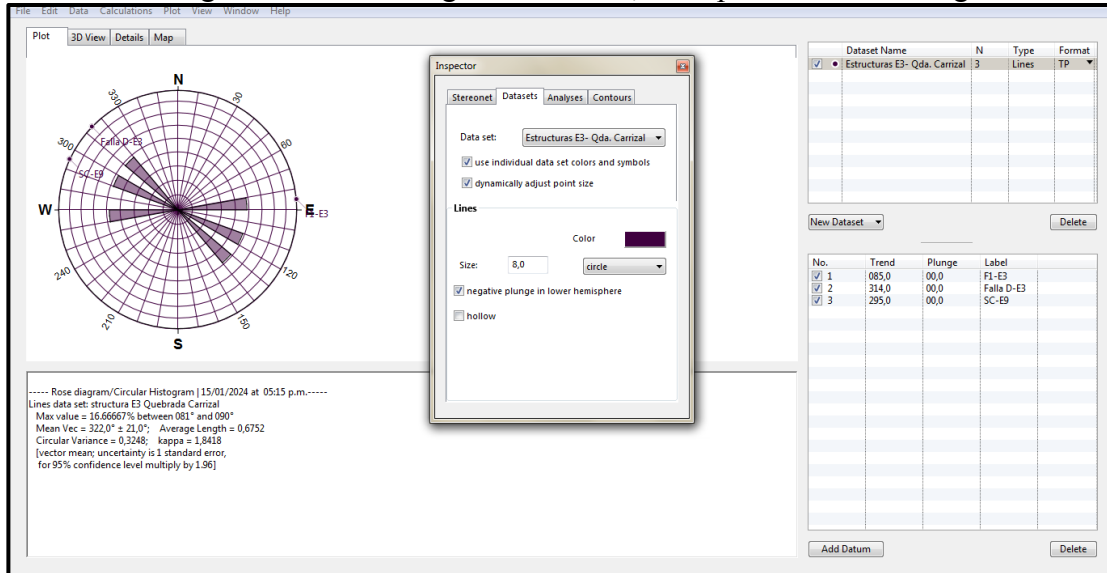


Figura 4.11 Ventana de la izquierda de software Stereonet, con la generación del “Diagrama de Rosa” con las etiquetas de los datos.

4.5.4.6 Digitalización del mapa geológico

Para el mapa geológico se utilizó la información de la imagen satelital de Google Earth con la ubicación de las estaciones con las coordenadas U.T.M, la hoja cartográfica Mayagua (7439) a escala 1:10000 de cartografía y los datos del levantamiento de campo; el cual fue digitalizado utilización la aplicación de PowerPoint del Office 20016 y AutoCAD 2008. En este mapa se colocó la información de la ubicación relativa del área y la leyenda de la litología y símbolos geológicos.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Descripción de las unidades geológicas presentes en el área de estudio

Para realizar el estudio de las diferentes unidades estratigráficas presentes en el área de estudio se ubicaron varias estaciones, a las cuales se les determinaron las coordenadas y se ubicaron inicialmente en una imagen usando Google Earth (Tabla 5.1 y Figura 5.1)



Figura 5.1 Imagen de Google Earth con las estaciones de trabajo en el área de estudio.

Tabla 5.1 Estaciones de trabajo en el área de estudio.

ESTACIÓN	COORDENADAS U.T.M REGVEN (WG884) HUSO 20		UNIDAD ESTRATIGRÁFICA
	NORTE	ESTE	
E1	860877	400861	Sedimentos del Reciente
E2	860853	400876	
E3	860804	400888	Complejo de Imataca
E4	860963	400923	
E5	860972	400906	
E6	860913	400818	
E7	860906	400841	
E8	860955	400808	
E9	860964	400842	

En la zona del fundo San Ignacio, se identificaron 3 unidades estratigráficas, que son rocas del Complejo de Imataca, roca meteorizada del Complejo de Imataca y Sedimentos del Reciente. En la tabla 5.2 se presenta la minuta con detalles de las 9 estaciones.

Los afloramientos del Complejo de Imataca se encuentran a lo largo de la quebrada Carrizal y en ambas márgenes de ellas, se caracteriza por gneises de grano medio y medio a fino, de colores blancos rosáceos y grises, con finas bandas negras y blancas, foliados y diaclasados, con pliegues de flujo, gneises cuarzdiorítico, gris claro y gris oscuro, con foliación marcada, plegado, fallas de rumbo dextrales y sinestras, con diques y sills de pegmatitas, gneises monzograníticos y sienita cuarcífera, rosada, blanco y gris oscuro (Figuras 5.2 y 5.3)

Tabla 5.2 Minuta con detalles de las 9 estaciones

ESTACIÓN	UNIDAD	ESTRUCTURA	RUMBO -	OBSERVACIÓN
E1	Talud de Sedimentos aluviales del Reciente			Talud de 1.16m de altura, con 3 estratos de tope a base, arena media, limosa gris, arena muy fina, marrón grisáceo moteada de rojo y arena fina, roja amarillenta.
E2	Talud de Sedimentos aluviales del Reciente			Talud de 1.21m de altura con 4 estratos, de tope a base, arena media marrón grisáceo con laminaciones, arena fina amarillenta, arena muy fina, gris moteada de rojo y arena limosa arcillosa gris.
E3	Afloramiento del Complejo de Imataca	Foliación Estructura SC Falla dextral Dique	N85°E N65°E N46°W N30°E	Gneis cuarzodiorítico, gris claro y oscuro, con foliación marcada subvertical, plegado, con diques y sills de pegmatita.
E4	Afloramiento del Complejo de Imataca	Falla dextral		Gneis cuarzodiorítico rosado y pegmatita, muy meteorizado.(Línea de alta tensión)
E5	Afloramiento del Complejo de Imataca	Foliación subvertical Diques Diaclasas subverticales	Oeste Franco N20°O y N76°O Norte franco y Este franco	Gneis monzogranítico, color lanco, rosado y gris, con sills y diques de pegmatita rosada y gris; con foliación subvertical, pliegues de flujo y falla sinistral.
E6	Afloramiento del Complejo de Imataca			Gneis biotítico cuarzoso, blanco y gris oscuro, muy meteorizado
E7	Afloramiento del Complejo de Imataca	Foliación Falla sinistral	Este franco Norte franco	Sienita cuarcífera y gneis monzogranítico, rosado, blanco y gris oscuro.
E8	Afloramiento del Complejo de Imataca	Diaclasas verticales	N5°W y Este franco	Gneis Monzogranítico, rosado, blanco y gris oscuro
E9	Afloramiento del Complejo de Imataca	Foliación Estructura SC Dique de cuarzo Diaclasa vertical	N65°W N15°W N84°W S38°W	Gneis monzogranítico, rosado, blanco y gris oscuro, con diques cizallados y pliegues de flujo



Figura 5.2 Afloramientos de gneises en el cauce y margen de la quebrada Carrizal (Estación E3)



Figura 5.3 Migmatitas con pegmatitas y pliegues (Estación E3).

Las rocas meteorizadas se encuentran bordeando a los afloramientos del Complejo de Imataca, y se caracterizan por bloques dispersos en el terreno de diferentes tamaños, y se encuentran en ambas márgenes de la quebrada Carrizal. (Figura 5.4).



Figura 5.4 Rocas meteorizadas en bloques del Complejo de Imataca. Estación E4.

Los sedimentos del Reciente, se caracterizan por aluviones depositados por la quebrada Carrizal en las márgenes entre ellos arenas medias limosas grises, arena media marrón grisáceo con laminaciones, arena fina y muy fina, marrón grisáceo moteada de rojo, rojo amarillenta y amarillenta; y en el cauce de la quebrada se pueden encontrar pequeñas barras arenosas y en el lecho gravas de diferentes tamaño (Figuras 5.5 y 5.6).



Figura 5.5 Arenas media arena media con laminaciones y arena fina y muy fina amarillenta moteada de rojo.



Figura 5.6 Barra arenosa en el cauce de la quebrada Carrizal en la estación E9.

5.2 Descripción de las columnas sedimentológicas levantadas la quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio

En la zona de estudio se recolecto información de los sedimentos aluviones del Reciente, en 2 estaciones, que son E1 y E2.

5.2.1 Columna sedimentológica de E1

La estación E1 se encuentra ubicada, en la margen derecha de la quebrada Carrizal y tiene una profundidad de 1,16 m, (Figura 5.7)

En la figura 5.8 se presenta la columna digitalizada de la estación E1, donde se observan de base a tope, arena fina, roja amarillenta con espesor de 28 cm, arena muy fina, marrón grisáceo moteada de rojo con espesor de 53 cm y arena media, limosa gris, con espesor de 35 cm; en ninguno de ellos no se le observaron estructuras sedimentarias.



Figura 5.7 Calicata en E1, en la margen derecha de la quebrada Carrizal.

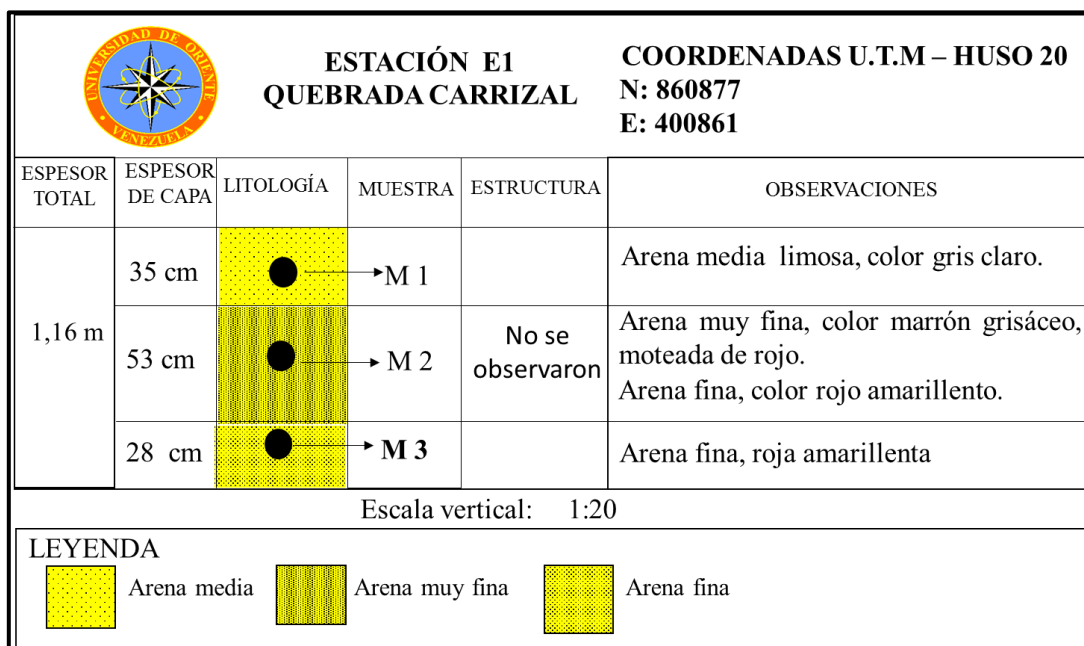


Figura 5.8 Columna sedimentológica de E1, en la margen derecha de la quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio.

5.2.2 Columna sedimentológica de E2

La estación E2 se encuentra ubicada a unos 25 metros al sur de la estación E1, en la margen derecha de la quebrada Carrizal, la calicata realizada tiene una profundidad 1,21 m (Figura 5.9).

En la figura 5.10 se presenta la columna digitalizada de la estación E2, donde se observan 4 estratos que de base a tope son: 1) arena limosa arcillosa gris, con espesor de 20 cm; 2) arena muy fina, gris moteada de rojo, con espesor de 35 cm; 3) arena fina amarillenta, con espesor de 29 cm; y 4) arena media marrón grisáceo con laminaciones, y un espesor de 37 cm.



Figura 5.9 Calicata en la estación E2, margen derecha de la quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio.

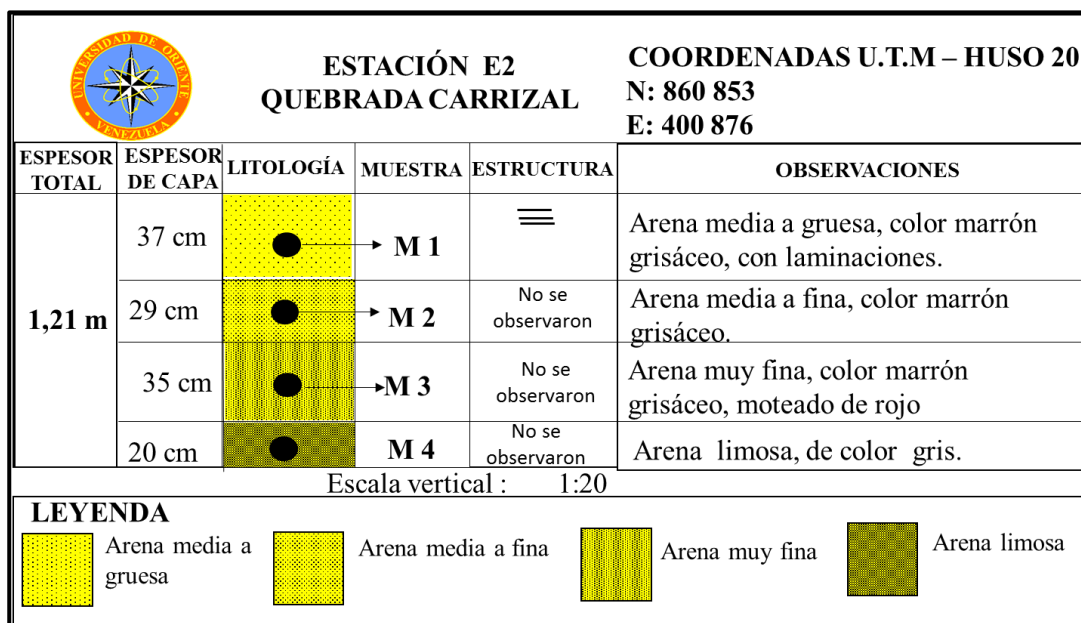


Figura 5.10 Columna sedimentológica de la estación E2, quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio.

5.3 Características geológicas de las estaciones del Complejo de Imataca

5.2.1 Estación E3

Esta estación se encuentra al sureste del área de estudio en la margen derecha de la quebrada Carrizal, en ella se encuentra un afloramiento de gneises cuarzodioríticos, de color rosado y gris, con foliación marcada subvertical, pliegues de flujo y estructuras de cizalla tipo SC, con distancia entre las fracturas de 30cm, 40cm, 24cm y 64 cm, una falla dextral de rumbo N85°E. El afloramiento está muy cizallado, y asociados a las fracturas se encuentran sills y diques de pegmatita de grano grueso a muy grueso y con algunos sitios de grano fino, de color rosado y gris, con diferentes direcciones, la roca predominante tiene un protolito de tipo cuarzodiorítico, gris claro y oscuro (Figuras 5.11, 5.12 y 5.13).



Figura 5.11 Afloramiento de migmatitas, foliado, cizallado y plegado con diques y sills de pegmatita (Estación E3).

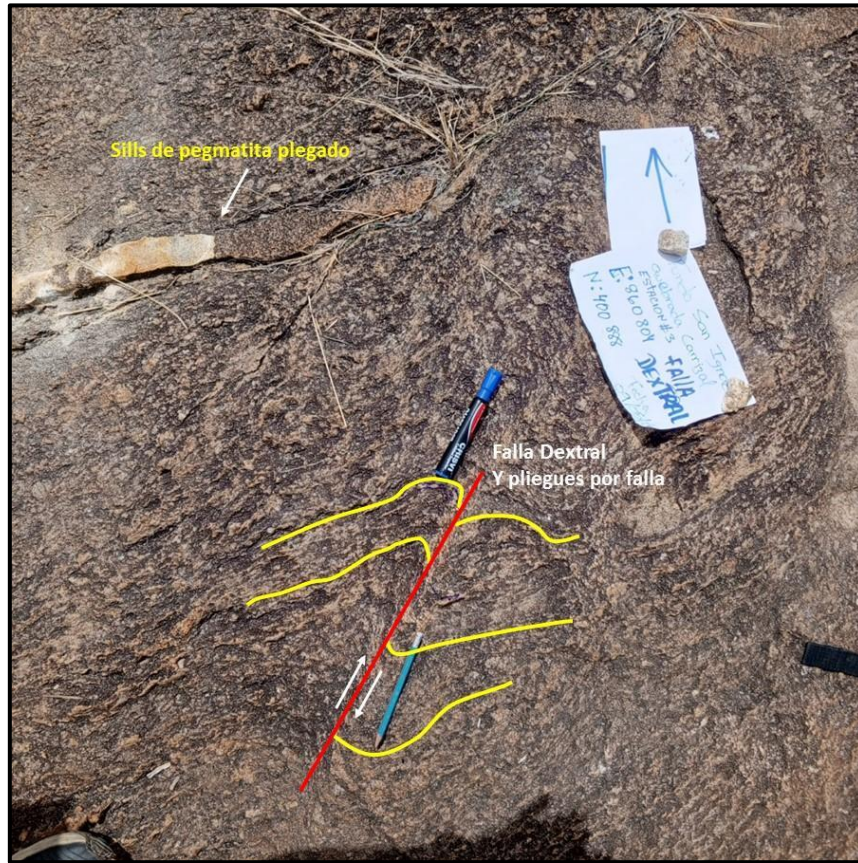


Figura 5.12 Migmatitas con falla dextral, pliegue por falla y sills de pegmatita.



Figura 5.13 Estructuras de cizalla (SC), en el afloramiento de la estación E3.

5.2.2 Estación E4

Estación se encuentra ubicada al Ne del área de estudio, las rocas se encuentra muy meteorizada, presenta falla dextral y es un gneis cuarzdiorítico rosado y presenta diques de pegmatita rosada y blanca de grano grueso (Figura 5.14).



Figura 5.14 Afloramiento de la estación E4.

5.2.3 Estación E5

Esta estación se encuentra al NE del área de estudio, en la margen derecha de la quebrada Carrizal, y al oeste de la estación E4. Los afloramientos se caracterizan por migmatitas con bandas de color gris claro, gris oscuro y rosados, con características gnéisicas que presentan foliación subvertical, con rumbo oeste franco, con pliegues de flujo, con sills y diques de pegmatita de grano grueso, rosada y gris, con rumbos de $N20^{\circ}O$ y $N76^{\circ}O$ y falla sinistral (Figuras 5.15 y 5.16). Afloramiento de 30 m con un dique de pegmatita que tiene rumbos $N20^{\circ}O$ y $N76^{\circ}O$, con una fractura sinistral,

tiene una foliación con un rumbo de oeste franco Subvertical y un ángulo de Buzamiento 87° .



Figura 5.15 Afloramiento de la estación E5.



Figura 5.16 Gneises del afloramiento de la estación E5 (A) y foliación E -W (B).

5.2.4 Estación E6

Esta estación se ubica al oeste de la zona de estudio, en el sector de la margen izquierda de la quebrada Carrizal, se encuentra muy meteorizado, tiene un largo 82 metro por 36 m de ancho; y se caracteriza litológicamente por gneis biotítico cuarzoso, de color blanco y gris oscuro (Figura 5.17).



Figura 5.17 Afloramiento de gneis en la estación E6.

5.2.5 Estación E7

Esta estación se ubica al suroeste de la zona de estudio, al sur de la estación E6, en el sector de la margen izquierda de la quebrada Carrizal, se encuentra, tiene un largo 25 metros por 11 metros de ancho; y se caracteriza litológicamente por sienita cuarcífera, y gneis tipo monzogranítico, de colores rosado, blanco y gris oscuro, con una

foliación de rumbo este franco y la presencia de una falla sinistral de dirección N-S (Figuras 5.18 y 5.19).



Figura 5.18 Panorámica de los afloramientos de las estaciones E7, E5 y E4, separados por la quebrada Carrizal.



Figura 5.19 Afloramiento de gneis foliado con pliegues y falla sinistral N-S, en la estación E7.

5.2.6 Estación E8

Esta estación se ubica al noroeste de la zona de estudio, al noreste de la estación E6, en el sector de la margen izquierda de la quebrada Carrizal; y se caracteriza litológicamente por gneis tipo monzogranítico, de colores rosado, blanco y gris oscuro, con una foliación de rumbo este franco, presenta dos familias de diaclasas verticales, de rumbo este franco y $N5^{\circ}W$ (Figura 5.20).



Figura 5.20 Panorámica con los afloramientos de las estaciones E8 y E5, separados por la quebrada Carrizal (A) y familias de diaclasas verticales subortogonales (B).

5.2.7 Estación E9

Esta estación se ubica al norte de la zona de estudio, donde se encuentra un gran afloramiento que por donde corre la quebrada Carrizal, y donde se encuentra una cascada, y abarca la totalidad de la margen derecha; y se caracteriza litológicamente por gneis tipo monzogranítico, de colores rosado, blanco y gris oscuro, con una foliación de rumbo este franco, diques de cuarzo cizallados con espesor de 18 cm,

estructuras de cizalla (SC) con movimiento dextral y pliegues de flujo (Figuras 5.21, 5.22 y 5.23).



Figura 5.21 Afloramientos rocosos en la estación E9, por donde corre la quebrada Carrizal.



Figura 5.22 Afloramientos rocosos en la estación E9, por donde corre la quebrada Carrizal y existe una cascada asociada a fracturamiento.

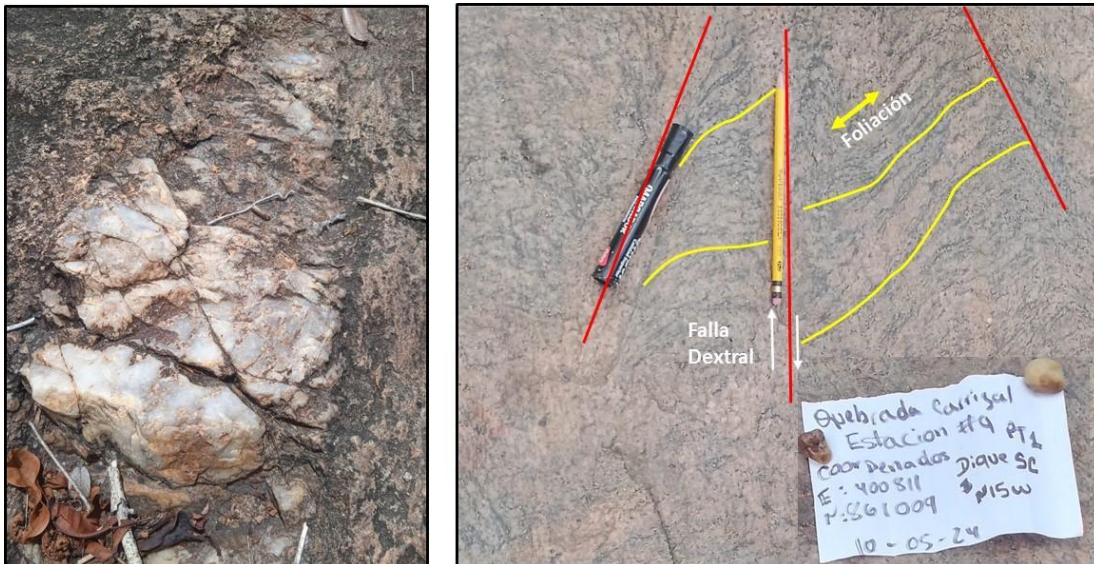


Figura 5.23 Dique de cuarzo cizallado y estructuras de cizalla (SC) con movimiento dextral, en la estación E9.

5.4 Clasificación macroscópica de las muestras de rocas

En la figura 5.24 se presentan las muestras recolectadas en 7 estaciones de la quebrada Carrizal y sus alrededores, de ellas se seleccionaron 5 para realizarle análisis mineralógico, macroscópicamente, y que fue realizado por INGEOMIN – Ciudad Bolívar, a los fines de clasificarlas, y son: una (1) de la estación E3, una (1) de la estación E4, una (1) de la estación E6 y dos (2) de la estación E7; resultando los siguientes tipo de rocas: gneis cuarzodiorítico: con plagioclasas de 41-40%, cuarzo 35%, biotita 20-15% y feldespatos 4%, y accesorios: mica flogopita 3%, anfíboles 2% y circón 1%; sienita cuarcífera, con feldespatos 45%, cuarzo 25%, plagioclasas 15% y biotita 15%; monzogranito con un contenido de plagioclasas 27%, feldespatos 23%, cuarzo 25% y biotita 23%, y mica flogopita 2% como mineral accesorio; gneis biotítico cuarzoso, con contenido de plagioclasas 35%, biotita 25%, cuarzo 20% y feldespatos 15%, y accesorios mica flogopita 3% y circón 2% (Tablas 5.3, 5.4, 5.5, 5.6y5.7).



Figura.5.24 Rocas de las estaciones E3 a la E9, en la quebrada Carrizal.


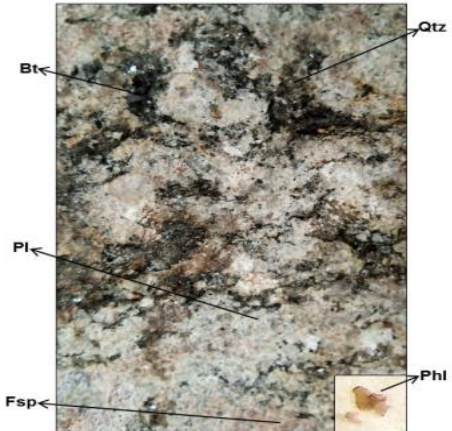
Tabla 5.3 Descripción macroscópica de las muestras de rocas de las estaciones E3 y E4.

Código	Nombre de la roca	Descripción	Textura	Composición mineralógica (aproximada)	Vista macroscópica
E3	Gneis cuarzodiorítico	<p>Roca holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño van desde 1 mm hasta 3 mm aproximadamente. Contiene como mineral accesorio mica flogopita, la cual se encuentra dentro de los planos de fracturas del cuarzo.</p> <p>Su equivalente protolito se asemeja a una cuarzodiorita</p>	Gneisica, foliada	<p>(Pl) Plagioclasas 41% (Qtz) Cuarzo 35% (Bt) Biotita 15% (Fsp) Feldespatos 4%</p> <p>Accesorios: (Phl) Mica Flogopita 3% Anfiboles 2%</p>	
E4	Gneis cuarzodiorítico	<p>Roca holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño van desde 1 mm hasta 2 mm aproximadamente. La mica biotita tiende a foliarse (foliación escasa) y los feldespatos se observan en los bordes meteorizados en la roca.</p> <p>Su equivalente protolito se asemeja a una cuarzodiorita</p>	Débilmente foliada	<p>(Pl) Plagioclasas 40% (Qtz) Cuarzo 35% (Bt) Biotita 20% (Fsp) Feldespatos alterados 4%</p> <p>Accesorios: (Zrn) Circón 1%</p>	

Tabla 5.4 Descripción macroscópica de la muestra de roca de la estación E6.

Código	Nombre de la roca	Descripción	Textura	Composición mineralógica (aproximada)	Vista macroscópica
E6	Gneis biotítico cuarzoso	Roca altamente meteorizada, holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño van desde 1 mm hasta 3 mm aproximadante. Su equivalente protolito se asemeja a una granodiorita	Granoblástica	(Pl) Plagioclasas 35% (Bt) Biotita 25% (Qtz) Cuarzo 20% (Fsp) Feldespatos 15% Accesorios: (Phl) Mica Flogopita 3% (Zrn) Circón 2%	

Tabla 5.5 Descripción macroscópica de las muestras de rocas de la estacion E7.

Código	Nombre de la roca	Descripción	Textura	Composición mineralógica (aproximada)	Vista macroscópica	
E7	E7-A	Sienita cuarcífera	Roca ácida, félsica y holocristalina, de grano medio, con cristales cuyo tamaño que van desde 2 mm hasta 5 mm aproximadante.	Fanerítica, granítica	(Fsp) Feldespatos 45% (Qtz) Cuarzo 25% (Pl) Plagioclasas 15% (Bt) Biotita 15%	
	E7-B	Monzogranito	Roca ácida, félsica y holocristalina, de grano medio, con cristales cuyo tamaño que van desde 1 mm hasta 3 mm aproximadante.	Fanerítica, granítica	(Pl) Plagioclasas 27% (Fsp) Feldespatos 23% (Qtz) Cuarzo 25% (Bt) Biotita 23% Accesorios: (Phl) Mica Flogopita 2%	

5.5 Descripción de las estructuras geológicas de los afloramientos rocosos del área de estudio usando diagramas de rosetas

En las rocas aflorantes del Complejo de Imataca en las estaciones E3 a la E9, se encuentran 3 familias de diaclasas verticales, con azimut de 0° , 90° y 232° , y la dirección de la foliación de azimut 90° y $N295^{\circ}W$, equivalente en forma general a una dirección E-W y NW-SE (Tabla 5.2). Del análisis del Diagrama de rosetas de las diaclasas, se determinó que existen 3 familias de diaclasas, 2 de ellas que tienen dirección E-W y N-W, que conforman un sistema ortogonal a subortogonal y una tercera familia de azimut 232° (Tabla 5.6).

Tabla 5.6 Datos de azimut de las estructuras en los afloramientos.

ESTACIÓN	ESTRUCTURAS	AZIMUT
E3	Foliación Estructura SC Falla dextral Diques	85° 65° 314° 30°
E5	Foliación Diques Dique Diaclasa subvertical Diaclasa subvertical	90° 340° 284° 0° 90°
E7	Foliación Dique de pegmatita:	90° 284°
E8	Diaclasa vertical Diaclasa vertical	355° 90°
E9	Foliación Dique de cuarzo cizallado Diaclasa vertical Estructura SC Diaclasa vertical	295° 276° 232° 345° 232°

En cuanto a las diaclasas y fallas en el diagrama de Rosas (Figura 5.25) se observan 3 direcciones, una azimut 0° , 90° y otra con 232° , y para las fallas un azimut de 314° .

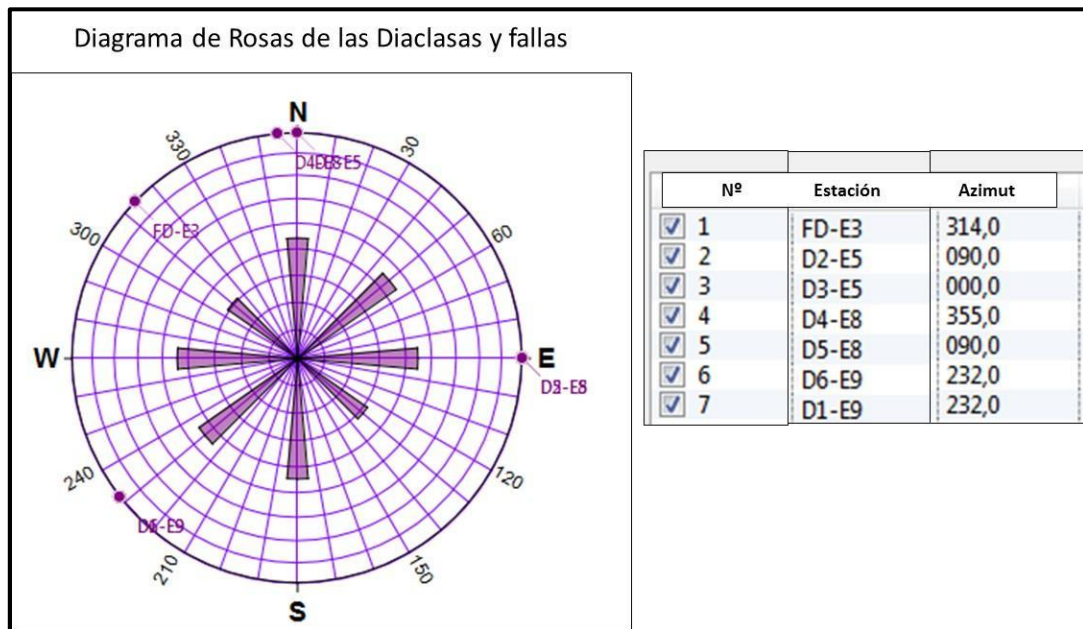


Figura 5.25 Diagrama de rosas de diaclasas y falla.

En cuanto a las foliaciones se tienen 2 direcciones una entre 85° y 90° de azimut y otra de 295° de azimut, lo que indica un plegamiento a nivel regional (Figura 5.26).

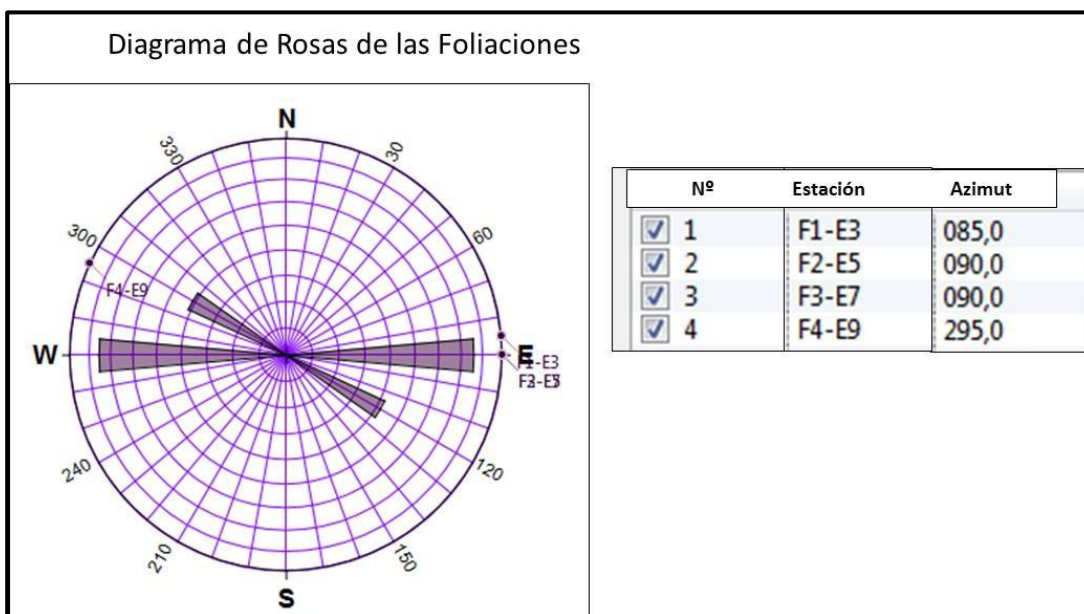


Figura 5.26 Diagrama de rosas de las foliaciones.

En relación a las estructuras de cizallas (SC) se tienen 2 direcciones predominantes, una 65° de azimut y otra de 345° de azimut (Figura 5.27).

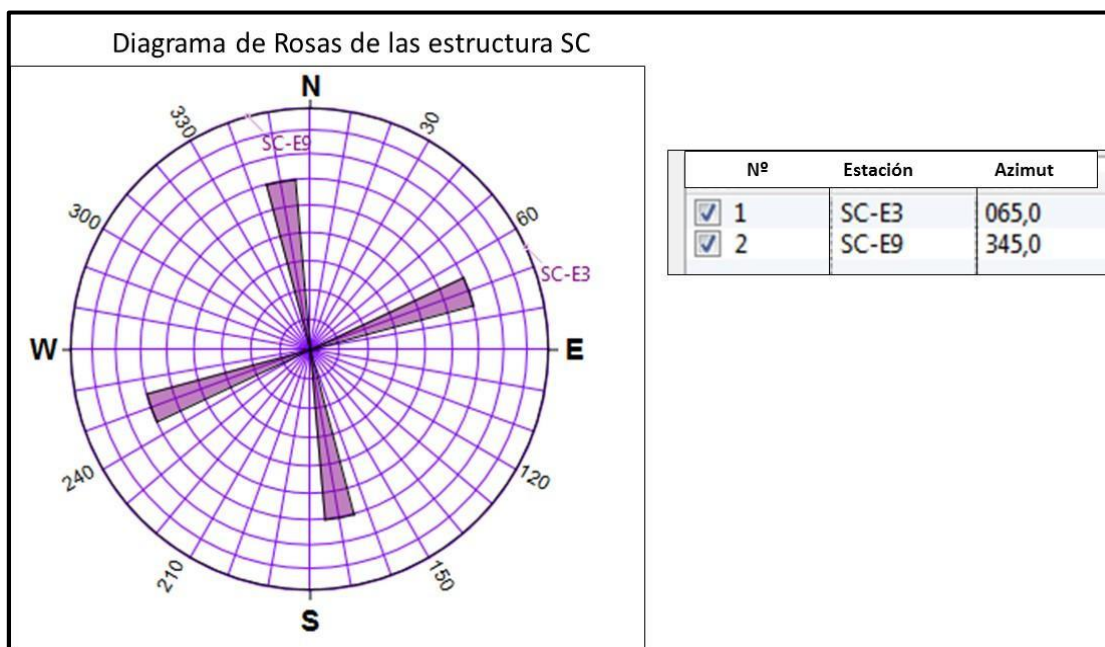


Figura 5.27 Diagrama de rosas de las estructuras de cizalla (SC).

5.6 Determinación de los esfuerzos máximos y mínimos en las zonas de fallas usando diagramas de rosetas

Aplicando los modelos estructurales para fallas dextrales y sinestrales de Van Der Pluijm, B.A. and Marshak, S. (2004); se tiene que para la estación E3, con la presencia de falla dextral, la dirección del esfuerzo máximo σ_1 , tiene una dirección NW-SE y el esfuerzo mínimo σ_3 SW-NE (Figura 5.28). Para estación E7, con la presencia de una falla sinistral, la dirección del esfuerzo máximo σ_1 , tiene una dirección N-S y el esfuerzo mínimo σ_3 W-E (Figura 5.29). Para la estación E9, con la presencia de falla dextral, la dirección del esfuerzo máximo σ_1 , tiene una dirección NE-SW y el esfuerzo mínimo σ_3 NW-SE (Figura 5.30).

De acuerdo a lo antes citado, en la zona ocurrieron 3 eventos tectónicos que son NW-SE, W-E y NE-SW, esto explica el alto grado de cizallamiento observado en los afloramientos de la zona de estudio, en la quebrada Carrizal.

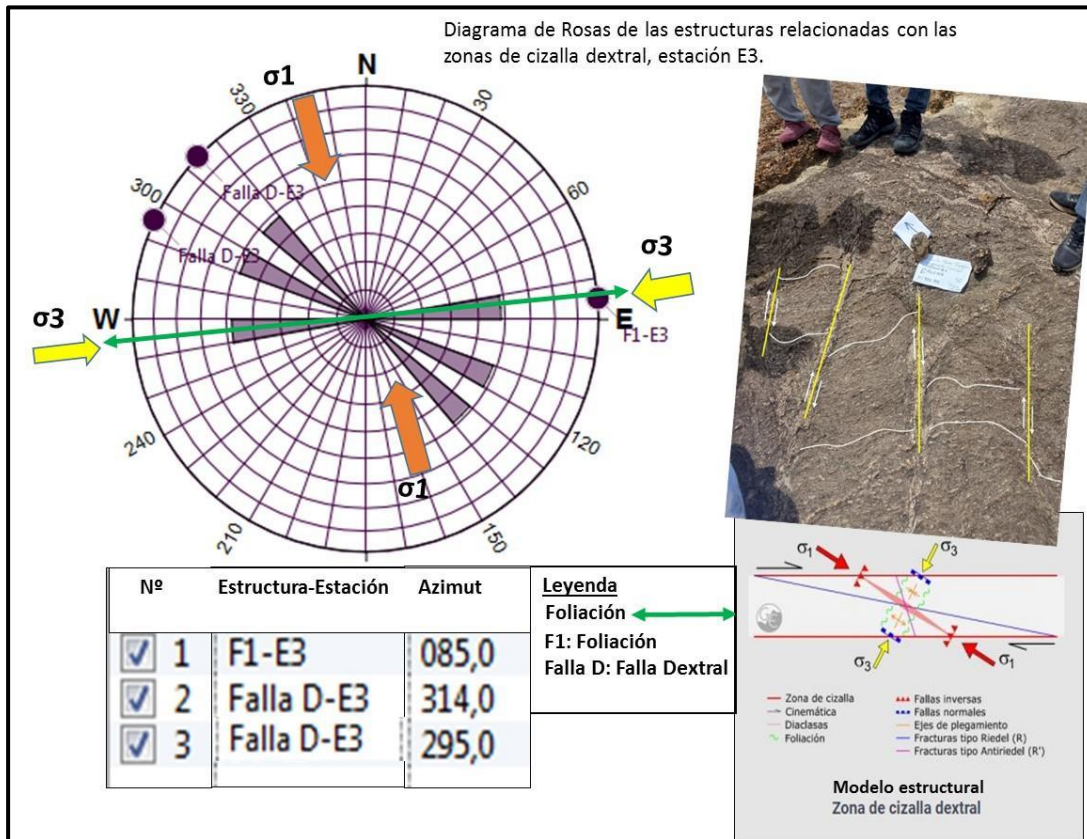


Figura 5.28 Diagrama de rosas con los esfuerzos máximos y mínimos en la estación E3.

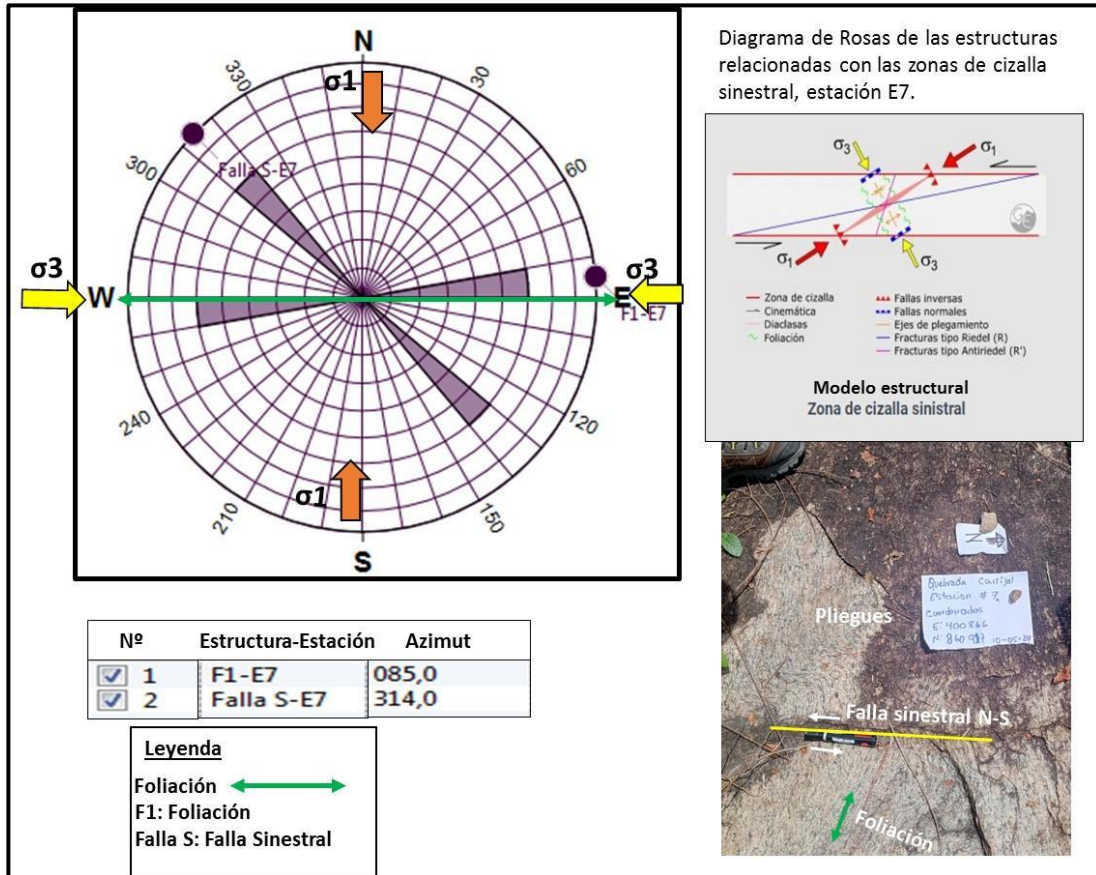


Figura 5.29 Diagrama de rosas con los esfuerzos máximos y mínimos en la estación E7.

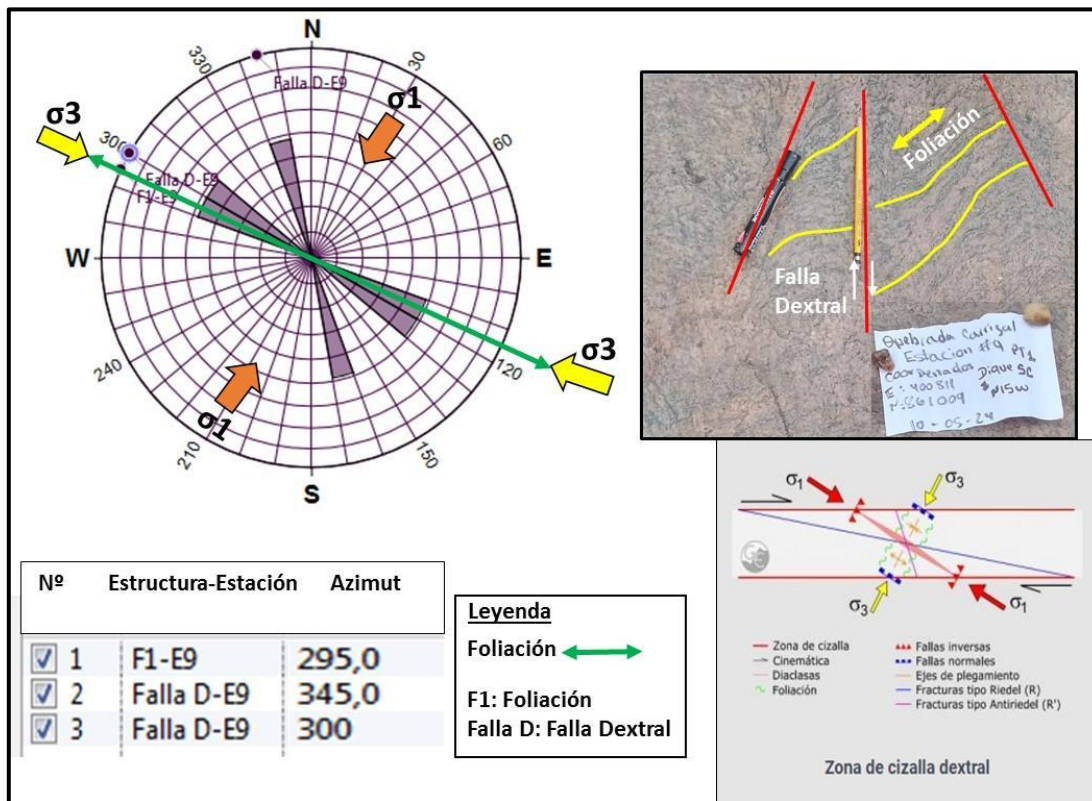


Figura 5.30 Diagrama de rosas con los esfuerzos máximos y mínimos en la estación E9.

5.7 Clasificación textural de los sedimentos por la escala Udden-Wentworth

De las 6 muestras de sedimentos clasificadas por la escala de Udden Wentworth, recolectadas en la quebrada Carrizal en el sector del fundo San Ignacio, se obtuvo que en la unidad de los Sedimentos del Reciente encuentran en los taludes, predominio de arenas gruesas a finas y en menor proporción arenas medias a finas; y en las barras arenas medias a gruesas y en el lecho gravas medias arenosas (Tabla 5.7) (Apéndice A).

Tabla 5.7 Clasificación de los sedimentos por la escala Udden- Wentworth

ESTACIÓN	CUERPO SEDIMENTARIO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN TEXTURAL	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA
1	Talud margen derecha	Tope	Arena gruesa a fina	SEDIMENTOS DEL RECIENTE
		Medio	Arena media a fina	
2	Talud margen derecha	Tope	Arena gruesa a fina	
		Medio	Arena gruesa a fina	
9	Cauce	Barra	Arena gruesa a media	
	Cauce	Lecho	Grava media arenosa	

5.8 Parámetros estadísticos de los sedimentos de la quebrada Carrizal

En la Tabla 5.8 se presentan los valores de los parámetros estadísticos de las muestras determinados de las curvas granulométricas entre ellos los percentiles P95, P90, P40 y P5, la media Md y los cuartiles Q3 y Q1.

Tabla 5.8 Diámetros en mm de las partículas de los percentiles, mediana y cuartiles.

MUESTRA	P95	P90	Q3 (75%)	MEDIA (Md) 50%	P40	Q1 (25%)	P5
E1-Tope	0,100	0,180	0,28	0,38	0,4	0,47	0,57
E1-Medio	0,630	0,120	0,165	0,2	0,22	0,29	0,47
E2- Tope	0,06	0,13	0,16	0,2	0,22	0,29	0,5
E2 - Medio	0,16	0,210	0,3	0,355	0,4	0,44	0,5
E9-Barra	0,200	0,24	0,33	0,47	0,54	0,72	1
E9- Lecho	0,5	0,57	0,8	1,3	1,6	2,1	3

Usando los parámetros antes citados se determinaron los otros valores de los parámetros estadísticos de las 6 muestras de sedimentos, recolectadas en la quebrada Carrizal, sector del el fundo San Ignacio, usando las ecuaciones presentadas en el Capítulo III de la Curtosis (K), el Coeficiente de Asimetría (Sk), el Índice de Asimetría (Log Sk), el Coeficiente de Uniformidad (U) y el Coeficiente de Selección (So), y que se presentan en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9 Valores de Curtosis, Coeficiente y el Índice de Asimetría, y Coeficiente de Selección.

5.8.1 Análisis de los valores de los parámetros estadísticos

MUESTR A	Curtosis (K)	Coeficiente de asimetría (Sk)	Índice de asimetría Log Sk	Coeficiente de uniformidad (U)	Coeficiente de selección (So)
E1-Tope	1,014	0,911	-0,040	0,217	0,406
E1-Medio	0,525	1,196	0,078	0,094	-0,115
E2- Tope	1,387	1,160	0,064	0,100	0,305
E2 - Medio	0,995	1,047	0,020	0,178	0,398
E9-Barra	0,841	1,076	0,032	0,470	0,454
E9- Lecho	0,788	0,994	-0,003	3,900	1,261

A

con
tin
uac
ión
se
pre
sen

ta el análisis de las variables Curtosis, el Índice de Asimetría (Log Sk), el Coeficiente de Uniformidad (U) y el Coeficiente de Selección (So).

5.8.1.1 La curtosis (K)

Del análisis de los valores de la Curtosis (Tabla 5.10), para las muestras de Sedimentos del Reciente, de las estaciones E1-tope, E1-Medio, E2-Tope, E2-Medio, es Mesocúrtica, Muy Platicúrtica, ,Leptocúrtica y Mesocúrtica respectivamente; de las muestras E9-barra y E9-Lecho son Platicúrticas (Figuras 5.31 y 5.32 y 5.33).

Tabla 5.10 Valores de Curtosis y la clase de Curtosis.

MUESTRA	Curtosis (K)	Clase de la Curtosis	Unidad Estratigráfica
E1-Tope	1,014	Mesocúrtica	SEDIMENTOS DEL RECIENTE
E1-Medio	0,525	Muy Platicúrtica	
E2- Tope	1,387	Leptocúrtica	
E2 - Medio	0,995	Mesocúrtica	
E9-Barra	0,841	Platicúrtica	
E9- Lecho	0,788	Platicúrtica	

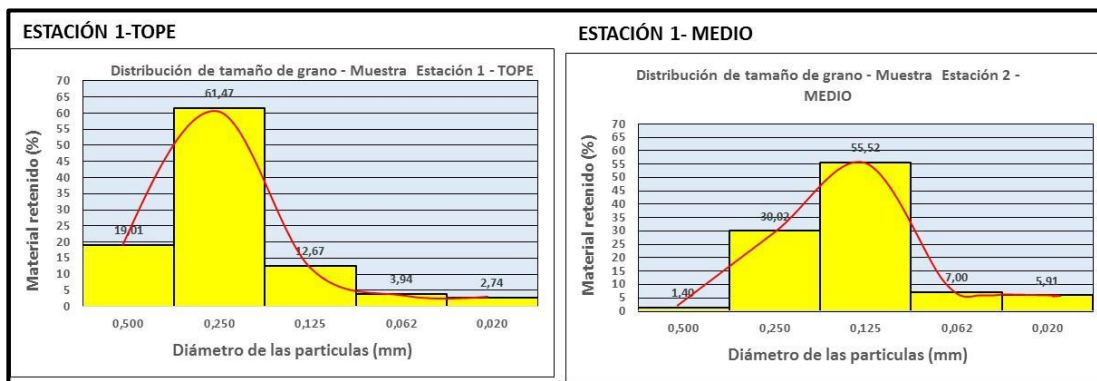


Figura 5.31 Clases de Curtosis del polígono de distribución de tamaño de granos de las muestras E1-Tope y E1-Medio.

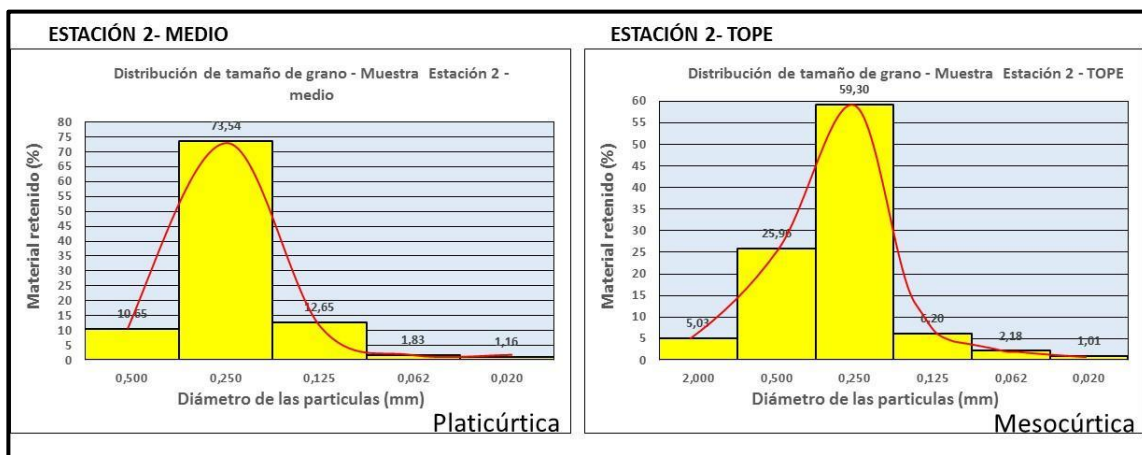


Figura 5.32 Clases de Curtosis del polígono de distribución de tamaño de granos de las muestras E2-Medio y E2-Tope.

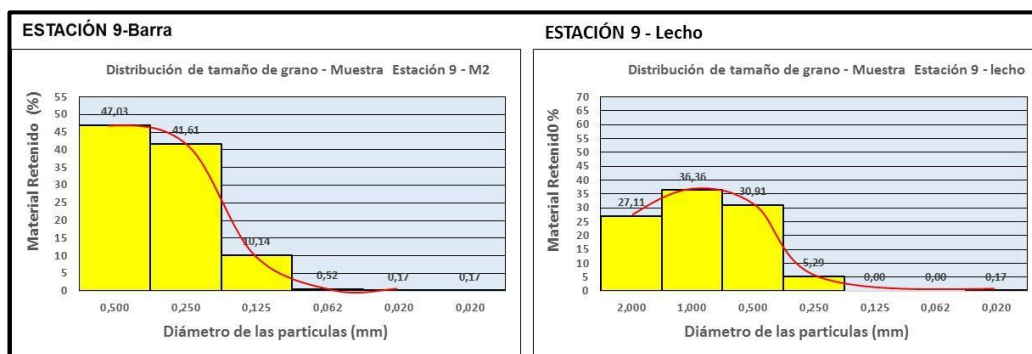


Figura 5.33 Clases de Curtosis del polígono de distribución de tamaño de granos de las muestras E9- Barra y E9-Lecho.

5.8.1.2 El Índice de Asimetría (Log Sk)

Utilizando la escala del Índice de Asimetría (Log SK) de Folk, R. y Ward, W. (1957), a los valores obtenidos para las muestras de la quebrada Carrizal, se determinó que todas las curvas de la distribución de frecuencia de los tamaños de los granos, son simétricas, tanto para los sedimentos del Reciente (Tabla 5.11).

MUESTRA	Índice de Asimetría (Log Sk)	Clase de Asimetría	Unidad Estratigráfica
E1-Tope	-0,040	Simétrica	SEDIMENTOS DEL RECIENTE
E1-Medio	0,078	Simétrica	
E2- Tope	0,064	Simétrica	
E2 - Medio	0,020	Simétrica	
E9-Barra	0,032	Simétrica	
E9- Lecho	-0,003	Simétrica	

Tabla 5.11 Clase de Asimetría de los sedimentos de la quebrada.

5.8.1.3 El Coeficiente de Uniformidad (U)

Los valores del coeficiente de Uniformidad (U) para las muestras de la quebrada Carrizal, sector del fundo San Ignacio, son diferente de 1, por lo que se determinó que las partículas no son uniformes (Tabla 5.12).

MUESTRA	Coeficiente de uniformidad (U)	Unidad Estratigráfica
E1-Tope	0,217	SEDIMENTOS DEL RECIENTE
E1-Medio	0,094	
E2- Tope	0,100	
E2 - Medio	0,178	
E9-Barra	0,470	
E9- Lecho	3,900	
E1-Tope	0,217	

Tabla 5.12 Coeficiente de Uniformidad de los sedimentos de la quebrada Carrizal.

5.8.1.4 El Coeficiente de Selección (So)

Utilizando la escala del Coeficiente de Selección (So) de Folk, R. y Ward, W. (1957), se determinó que los sedimentos del Reciente en la quebrada Carrizal, del sector del fundo San Ignacio de las muestras E1-M1 y E2-M2 presentan partículas “Bastante bien” y “Bien” seleccionadas, respectivamente, y las muestras E2-M4 y E3-M1 son “Muy bien” y “Bastante bien” seleccionadas, respectivamente. Mientras que todas las muestras de la Formación Mesa se presentan “Bastante bien” seleccionadas (Tabla 5.13).

Tabla 5.13 Coeficiente de Selección de los sedimentos de la quebrada Carrizal, sector del fundo San Ignacio.

MUESTRA	Coeficiente de selección (So)	Término o clase	Folk y Wards (1975)
E1-Tope	0,406	Bien seleccionada	0,36-0,50
E1-Medio	-0,115	Muy Bien seleccionada	<0,35
E2- Tope	0,305	Muy Bien seleccionada	<0,35
E2 - Medio	0,398	Bien seleccionada	0,36-0,50
E9-Barra	0,454	Bien seleccionada	0,36-0,50
E9- Lecho	1,261	Mal seleccionada	2,01-4,00

5.9 Grado de transporte de las partículas de los sedimentos por el método de Powers

Las partículas de los sedimentos, de las muestras recolectadas en las estaciones 1, 2, y 9, fueron analizadas por el método de Powers.

En la figuras 5.34 se presentan las imágenes de las muestras de las calicatas en las estaciones E1 y E2, y en la figura 5.35 las muestras de la estación E9 correspondientes a una barra de arena y del lecho de la quebrada Carrizal; y en la tabla 5.14 se presentan los resultados del análisis morfoscópico de acuerdo a los tipos de clases.

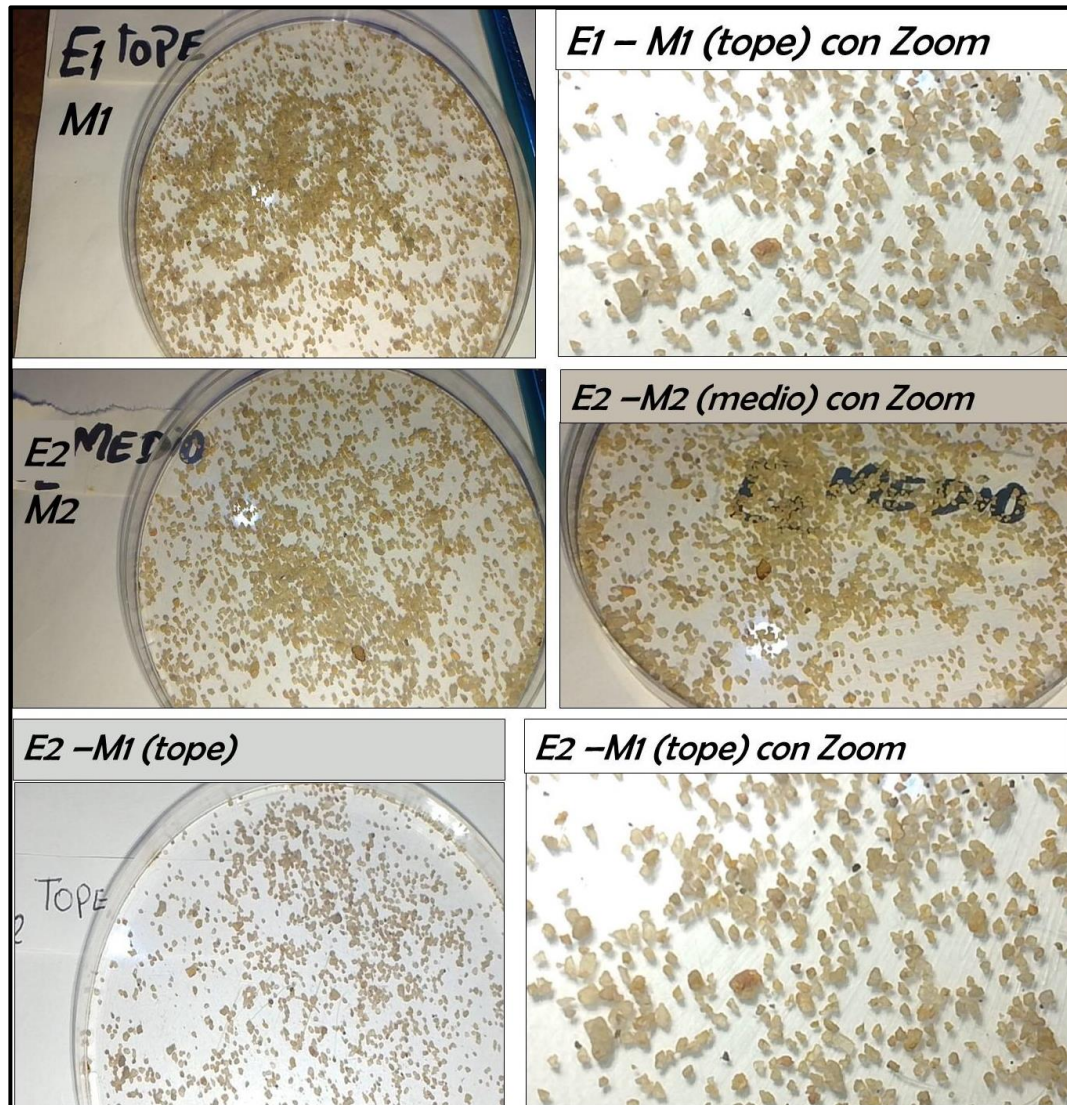


Figura 5.34 Partículas de sedimentos del tamiz 35 de las muestras de las calicatas de las estaciones E1 y E2.

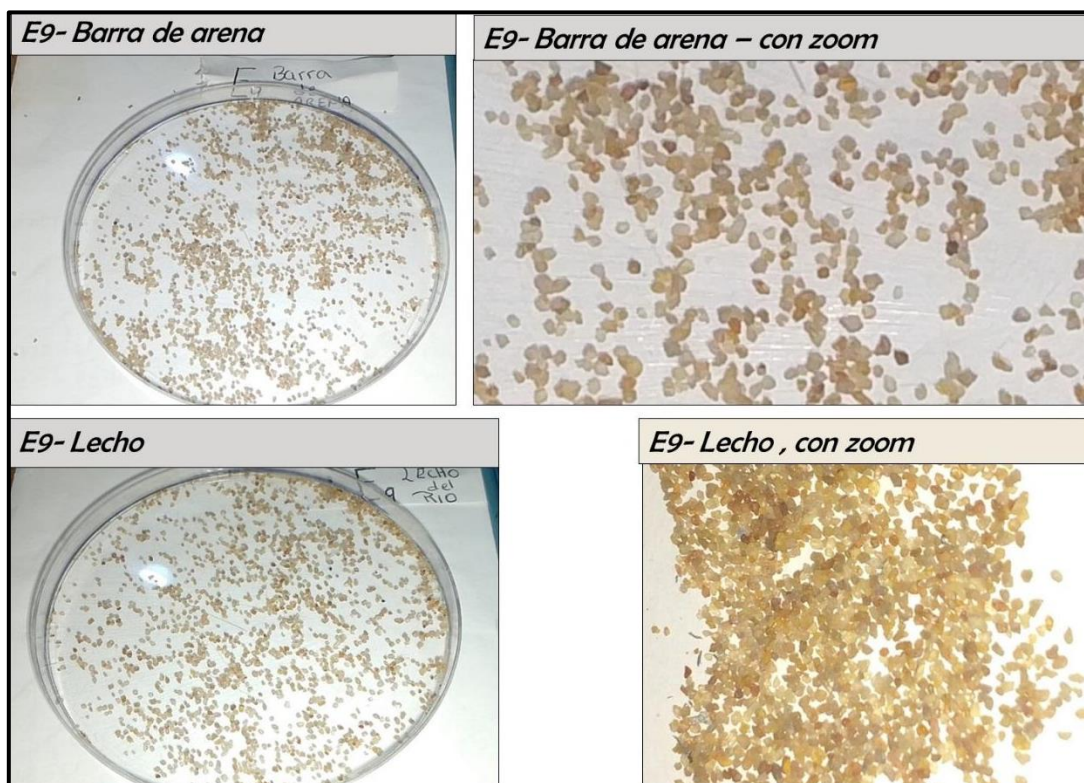


Figura 5.35 Partículas de sedimentos del tamiz 35 de las muestras de la estación E9, de barra de arena y lecho de la quebrada Carrizal.

Tabla 5.14 Resultados del análisis morfoscópico según método de Power.

	ESTACIÓN - MUESTRA	TOTAL PARTÍCULAS	A	A%	SA	%SA	SR	%SR	R	%R	
	E1-M1	200	34	17	46	23	66	33	54	27	
	E2-M1	200	92	46	68	34	20	10	20	10	
	E2-M2	200	60	30	48	24	64	32	28	14	
	E9-barra	200	28	14	40	20	60	30	72	36	
	E9-lecho	200	10	5	24	12	80	40	86	43	
A: ANGULOSO - SA: SUBANGULOSO - SR: SUBREDONDEADO - R: REDONDEADO											
	Partículas predominantes				Partículas 2do orden de abundancia						

Con los datos de la tabla anterior se elaboraron los gráficos circulares de morfoscopia para cada una de las muestras (Figuras 5.36 y 5.37).

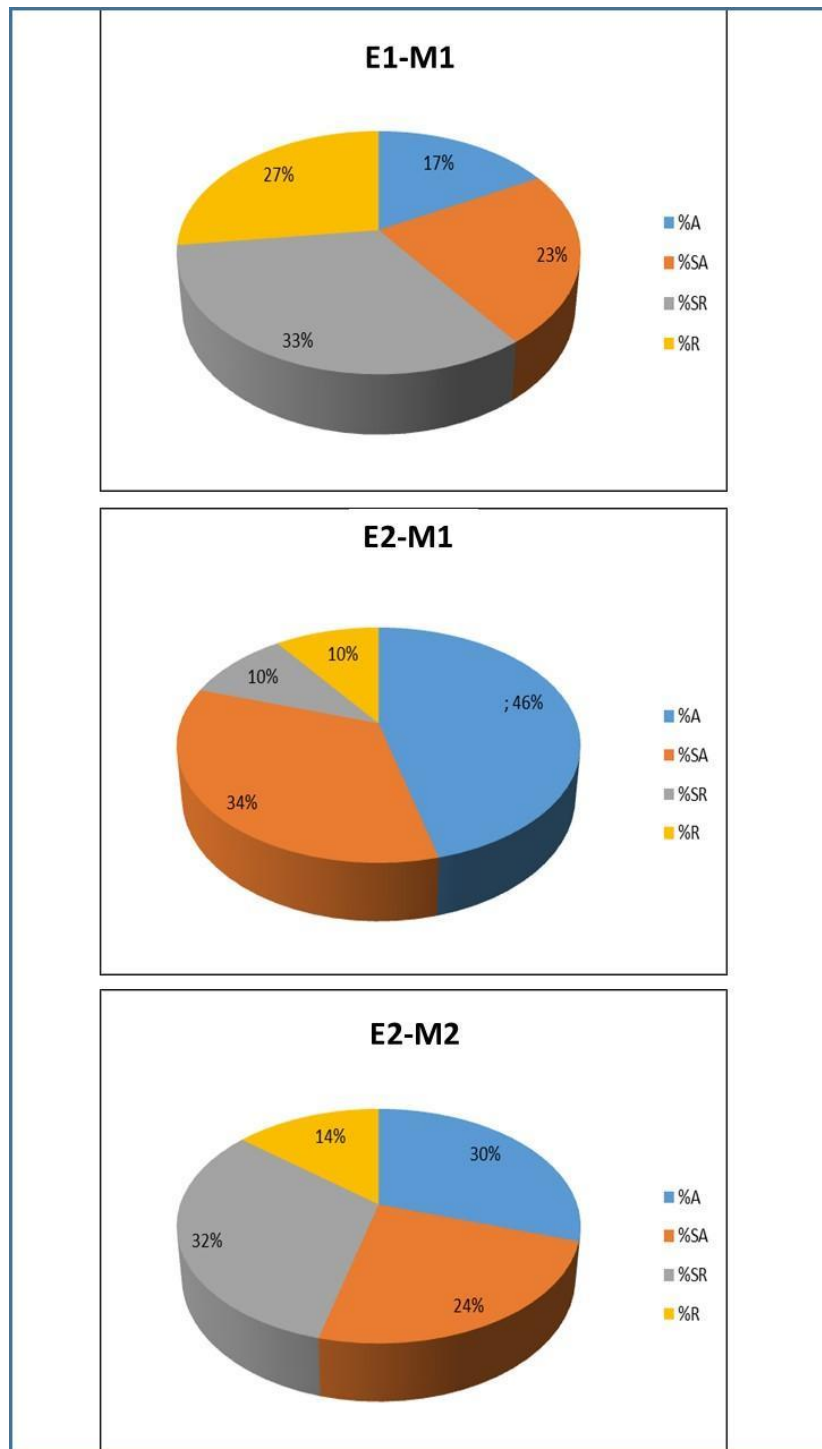


Figura 5.36 Gráficos circulares de los análisis morfoscópicos de las muestras E1-M1, E2-M1 y E2-M2.

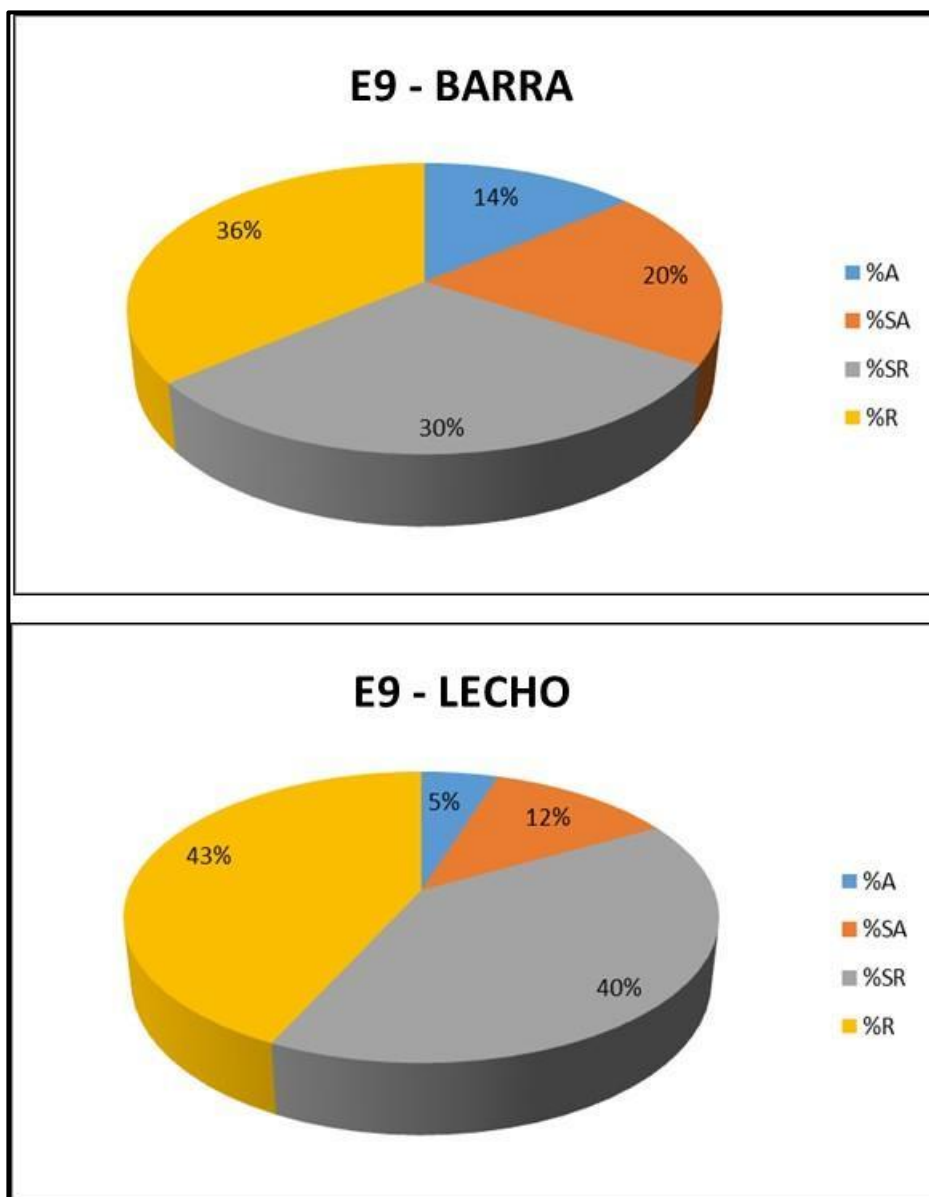


Figura 5.37 Gráficos circulares de los análisis morfoscópicos de las muestras E1-M1, E2-M1 y E2-M2.

Analizando los resultados se obtuvo que en la muestra de la calicata de la estación E1, predominan las partículas subredondeadas (33%) seguida de las redondeadas (27%) lo que indica han sufrido bastante transporte y la fuente está lejana, en cambio en la calicata 2 de la estación E2, en la muestra E1-M1 predominan

las partículas angulosas (46%) seguida en abundancia las subangulosas (34%), lo que indica que han tenido poco transporte, y que la fuente está cercana; y en la muestra E2-M2, predominan subredondeadas (32%), seguidas en abundancia angulosas (30%) y subangulosas (24%), lo que indica que hay una mezcla de partículas una de fuentes lejanas y otra de fuente cercana; hay que acotar que estas 2 estaciones se encuentran ubicadas en los taludes de la margen derecha de la quebrada Carrizal. En relación a las partículas de la muestra de una barra de arena, ubicada en el cauce de la quebrada y una de lecho de la misma, predominan las partículas redondeadas (43%) y subredondeadas (40%), indicativa de bastante transporte, con una fuente lejana.

5.10 Análisis del mapa geológico del sector de la quebrada Carrizal

En el mapa geológico del área de estudio están representadas las 3 unidades estratigráficas que se encuentran en la quebrada Carrizal, en el sector del fundo San Ignacio, que son El Complejo de Imataca, rocas meteorizadas del Complejo de Imataca y los Sedimentos del Reciente (Figura 5.35).

El Complejo de Imataca está ubicado en la parte central de la zona, a lo largo de la quebrada Carrizal y en ambas márgenes, y está conformado gneises cuarzdiorítico, de grano medio a fino, de color rosado, gris claro y gris oscuro, migmatitas con diques y sills de pegmatitas de grano grueso a muy grueso, gneis con pegmatita de color rosado, gneises biotíticos cuarzoso, de color blanco y gris oscuro, gneises monzogranítico de color rosado, blanco y gris oscuro con diques de cuarzo, y sienita cuarcífera de grano medio a grueso, de color rosado, gris claro y gris oscuro., y ocupan el 19% del área de estudio.

Las rocas meteorizadas del Complejo de Imataca, cubren el 53% de la zona, y se encuentran en toda el área de estudio.

Los Sedimentos del Reciente se encuentran en las márgenes y cauce de la quebrada Carrizal, cubre 28% de la zona y se caracterizan por arenas limosas de grano medio, grises, arenas finas de color rojo amarillento, arenas muy finas de color marrón grisáceo moteado de rojo, arenas media con laminaciones, de color marrón.

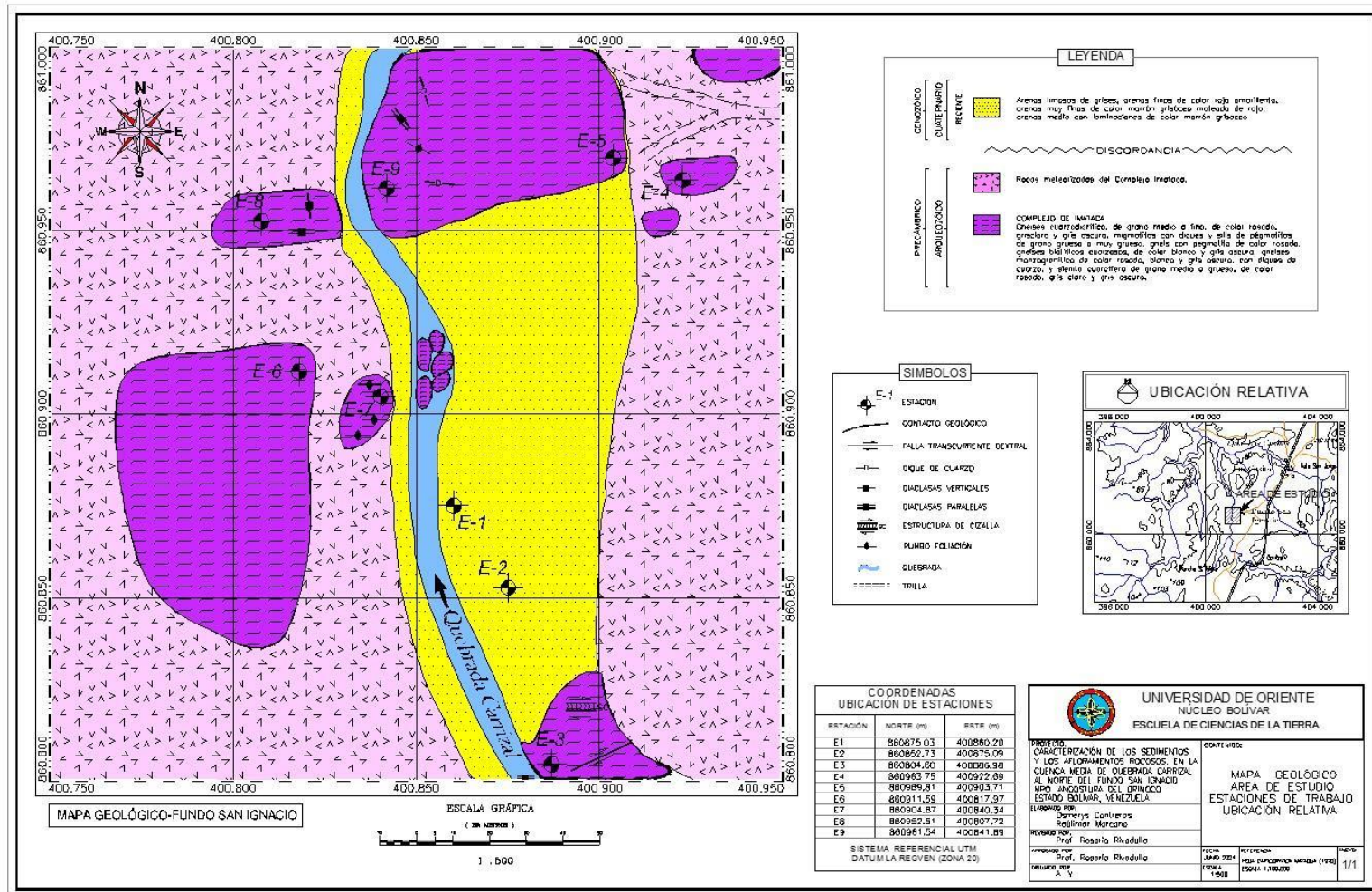


Figura 5.38 Mapa geológico de la quebrada Carrizal, sector del fundo San Ignacio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En la zona de la quebrada Carrizal, sector del fundo San Ignacio En la zona del fundo San Ignacio, se identificaron 3 unidades estratigráficas, que son rocas del Complejo de Imataca, roca meteorizada del Complejo de Imataca y Sedimentos del Reciente.

2. Los afloramientos del Complejo de Imataca que se encuentran en la quebrada Carrizal, al oeste del fundo San Ignacio, se caracteriza por migmatitas, gneises de grano medio y medio a fino, de colores blancos rosáceos y grises, con finas bandas negras y blancas, foliados y diaclasados, con pliegues de flujo, gneises cuarzdiorítico, gris claro y gris oscuro, con foliación marcada, plegado, fallas de rumbo dextrales y sinestrales, con diques y sills de pegmatitas, gneises monzograníticos y sienita cuarcífera, rosada, blanco y gris oscuro.

3. Las rocas meteorizadas que se encuentran bordeando a los afloramientos del Complejo de Imataca, se caracterizan por bloques dispersos en el terreno de diferentes tamaños, y se encuentran en ambas márgenes de la quebrada Carrizal.

4. Los Sedimentos del Reciente, en los taludes de la quebrada Carrizal se caracterizan por arenas fina, de color rojo amarillento, arenas muy finas, marrón grisáceo, moteadas de rojo, arenas medias limosa gris, arenas limoarcillosa gris, arena muy fina, gris moteada de rojo y arenas medias marrón grisáceo con laminaciones.

5. Los Sedimentos del Reciente, en las barras arenosas de la quebrada Carrizal presentan arenas medias a gruesas, de color marrón claro y en el lecho gravas medias arenosas, de color marrón medio a marrón claro, amarillentas.

6. De los análisis mineralógicos macroscópicos de las 5 muestras: una (1) de la estación E3, una (1) de la estación E6 y dos (2) de la estación E7; las rocas fueron clasificadas en gneis cuarzodiorítico: con plagioclasas de 41-40%, cuarzo 35%, biotita 20-15% y feldespatos 4%, y accesorios: mica flogopita 3%, anfíboles 2% y circón 1%; sienita cuarcífera, con feldespatos 45%, cuarzo 25%, plagioclasas 15% y biotita 15%; monzogranito con un contenido de plagioclasas 27%, feldespatos 23%, cuarzo 25% y biotita 23%, y mica flogopita 2% como mineral accesorio; gneis biotítico cuarzoso, con contenido de plagioclasas 35%, biotita 25%, cuarzo 20% y feldespatos 15%, y accesorios mica flogopita 3% y circón 2%.

7. En las rocas aflorantes del Complejo de Imataca en las estaciones E3 a la E9, se encuentran 3 familias de diaclasas verticales, 2 de ellas que tienen dirección E-W y N-W, que conforman un sistema ortogonal a subortogonal, y una tercera familia de azimut 232, equivalente a una dirección NW-SE.

8. Del análisis del Diagrama de rosetas de las diaclasas, se determinó que existen 3 familias de diaclasas que tienen dirección E-W y N-W, que configuran un sistema ortogonal a subortogonal y un sistema de azimut 232⁰.

9. El análisis de los diagramas de rosetas de las foliaciones, indica 2 direcciones una entre 85⁰ y 90⁰ de azimut y otra de 295⁰ de azimut, lo que se asocia a un plegamiento a nivel regional.

10. En relación a las estructuras de cizallas (SC) se tienen 2 direcciones predominantes, una 65° de azimut y otra de 345° de azimut.

11. Aplicando los modelos estructurales para fallas dextrales y sinestrales de Van Der Pluijm, B.A. and Marshak, S. (2004); se tiene que para la estación E3, con la presencia de una falla dextral, la dirección del esfuerzo máximo σ_1 , tiene una dirección NW-SE y el esfuerzo mínimo σ_3 SW-NE. Para estación E7, con la presencia de una falla sinistral, la dirección del esfuerzo máximo σ_1 , tiene una dirección N-S y el esfuerzo mínimo σ_3 W-E; y para la estación E9, con la presencia de falla dextral, la dirección del esfuerzo máximo σ_1 , tiene una dirección NE-SW y el esfuerzo mínimo σ_3 NW-SE.

12. Del análisis de los esfuerzos en las fallas, en la zona ocurrieron 3 eventos tectónicos que tienen direcciones NW-SE, W-E y NE-SW, esto explica el alto grado de cizallamiento observado en los afloramientos de la zona de estudio, en la quebrada Carrizal.

13. Del análisis las curvas granulométricas de las 6 muestras de sedimentos clasificadas por la escala de Udden Wentworth, de la quebrada Carrizal en el sector del fundo San Ignacio, se obtuvo que en los taludes, predominan arenas gruesas a finas y en menor proporción arenas medias a finas; en las barras arenas medias a gruesas y en el lecho gravas medias arenosas.

14. Del análisis de los valores de la Curtosis (K), para las muestras de Sedimentos del Reciente, de las estaciones E1-tope, E1-Medio, E2-Tope, E2-Medio, son variables y pueden ser Mesocúrtica, Muy Platicúrtica, Leptocúrtica y Mesocúrtica respectivamente; para las muestras E9-barra y E9-Lecho son Platicúrticas; según el Índice de Asimetría (Log SK), todas las curvas son simétricas; por los valores del

coeficiente de Uniformidad (U) diferente de 1, se determinó que las partículas no son uniformes.

15. De análisis morfosκόpico de las partículas se obtuvo que los sedimentos de los taludes de la quebrada Carrizal en la estación E1, predominan las partículas subredondeadas lo que indica han sufrido bastante transporte y la fuente está lejana, en cambio la estación E2 muestra M1, predominan las partículas angulosas, lo que indica que han tenido poco transporte, y que la fuente está cercana; y en la muestra M2, predominan subredondeadas, lo que indica que hay una mezcla de partículas una de fuentes lejanas y otra de fuente cercana; y en la muestra de la barra de arena y el lecho, predominan las partículas redondeadas, indicativa de bastante transporte, con una fuente lejana.

16. Del análisis del mapa geológico se determinó que el Complejo de Imataca ocupa el 19%, las rocas meteorizadas el 53% y los Sedimentos del Reciente 28%.

Recomendaciones

1. Analizar petrográficamente secciones delgadas de las rocas de los afloramientos ubicados al oeste de la quebrada Carrizal, sector fundo San Ignacio, a fin de comprobar la clasificación macroscópica realizada.

2. Ampliar el estudio aguas arriba y aguas debajo de la zona estudiada de la quebrada Carrizal.

3. Ampliar el estudio realizando más calicatas hacia el norte y clasificar a los suelos desde el punto geotécnico, para conocer sus posibles usos.

4. Determinar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua de la quebrada Carrizal, con el fin de conocer sus usos potenciales.

REFERENCIAS

- Allmendinger, R.W. (1987). **TÉCNICAS MODERNAS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL**. Asociación Geológica Argentina. Serie B: Didáctica y Complementaria N°16. 90p. Sitio Web: <https://www.explorock.com/indicadores-cinematicos-en-geologia-estructural/>
- Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela.
- Bard, P.J. (1985) **PETROLOGÍA ÍGNEA**. Facultad de Ingeniería UNAM.
- Blandón, A. (2002) **PRINCIPIOS DE ESTRATIGRAFÍA**. Trabajo de año sabático, Universidad Nacional de Medellín. Medellín, Colombia.
- Blatt y Tracy (1996). **PETROLOGY. IGNEOUS, SEDIMENTARY, AND METAMORPHIC**, 2nd ed. 529 pp. New York, Basingstoke: W. H. Freeman & Co. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Gneis#CITAREFBlattTracy1996>
- Castro Dorado, V. (2015) **PETROGRAFÍA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS**. Editorial Paraninfo, Madrid, España, pp 119-145.
- C.V.G TECMIN. (1991). **INFORME DE AVANCE NB-20-02 , NC-20-14** (Vol. TOMO I). (P. I. (P.I.R.N.R.G.), Ed.) Ciudad Bolívar: Gerencia de Proyectos Especiales.
- Delgado Martín Jordi, Padilla Benítez Francisco y Barrientos Víctor (2010). **PRÁCTICAS DE GEOLOGÍA MAPAS GEOLÓGICOS Y PROBLEMAS**. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de da Coruña http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/113/pdfs/Practicas%20de%20GEOLOGIA.pdf
- Departamento de Geología de la Universidad de Oriente (2.001) **GUÍA PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**, inédito, Ciudad Bolívar.
- Flickr (2015) **MIGMATITA (MIGMATITE)** Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/espoopse/22416821242>
- Fossen H., H. (2010) **STRUCTURAL GEOLOGY**. Cambridge University Press, New York.

Fossen, Haakon (2016). **STRUCTURAL GEOLOGY**. Second edición. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. p. 38. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Gneis#CITAREFBlattTracy1996->

García, Steffi L., y Moraes B., José C. (2021) en el trabajo titulado **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL FUNDO CARRIZAL, UBICADO EN EL SECTOR CARRIZAL, PARROQUIA ORINOCO, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CARRETERA CIUDAD BOLÍVAR - CAICARA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA. MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, escuela de Ciencias de la Tierra. P. 130.

Geotecnia Fácil (2024). **BUZAMIENTO REAL Y BUZAMIENTO APARENTE: DEFINICIÓN Y CÓMO MEDIRLO** Disponible en: <https://geotecniafacil.com/migmatita/https://geotecniafacil.com/buzamiento-real-y-aparente/>.

Geotecnia Fácil. (2024). Buzamiento real y buzamiento aparente: Definición y cómo medirlo. Disponible en: <https://geotecniafacil.com/buzamiento-real-y-aparente/>

González, I. y Ferrer M. (2002) **INGENIERÍA GEOLÓGICA**. Pearson Education. Madrid. Pp. 744.

González A, Jeanyimar y Flores G. Josuet O. (2023) **CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DEL FUNDO JEHOVÁ JIREH, SECTOR CURIAPO, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, escuela de Ciencias de la Tierra. P. 98.

Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (2011). **GEOLOGÍA**. Consulta 20 de enero de 2022 [<https://www.icgc.cat/es/>].

Jiménez Sebastián (2012). **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 2012- DIACLASAS**. Disponible en: <https://issuu.com/sebastianjosejimenezroca/docs/08-diaclasas.cortes>.

Marshak, Stephen (2013). **ESSENTIALS OF GEOLOGY**. 4th edición). W.W. Norton. pp. 194. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Gneis#CITAREFBlattTracy1996>

Mattauer, Maurice (1973) **PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y MORFOLOGÍA DEL TERRENO, MAPAS GEOLÓGICOS Y PROBLEMAS GEOMÉTRICOS**. E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Primera edición. Universidad de Coruña. Pp.237.

Mcclay, K.R. (1987). **THE MAPPING OF GEOLOGICAL STRUCTURES**. Geological Society of London Handbook. John Wiley & Sons, 161. Sitio Web: <https://www.explorock.com/indicadores-cinematicos-en-geologia-estructural/>

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Ciudad Bolívar, Venezuela,

P 184.

Montilla B. Juan C. (1992) Universidad Nacional Abierta **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Universidad Nacional Abierta.

Léxico Estratigráfico de Venezuela (2021). Ministerio del Poder Popular de Desarrollo Minero Ecológico.

Pérez Teodoro (2023) **LECCIÓN 13: DIACLASAS**. Análisis Geológico Estructural Universidad Alicante. Disponible <https://dokumen.tips/documents/analisis-geologico-estructural-leccion-13-diaclasas.html> (fecha de consulta, 30-09-2023).

Pdfcoffee (2022) **DIAGRAMA DE ROSETA**. P. 6. Link: pdfcoffee.com

Seaforth Adriana Y Barrios José Vicente (2023) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-ESTRUCTURAL DEL FUNDO EL NOVILLO, SECTOR LA NARANJITA, UBICADO AL NOR-OESTE DEL MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, escuela de Ciencias de la Tierra. P. 109.

Toselli Alejandro J. (2010) **ELEMENTOS BASICOS DE PETROLOGIA IGNEA**. Instituto Superior De Correlación Geológica (INSUGEO), Argentina, pp 225

Twiss, R. J. y Moores, E. M. (2007) *Structural Geology*. England: W. H. 2.^a ed. Xvi, 736 pp. Nueva York: WH Freeman.

Universidad Complutense de Madrid (2014) **ATLAS DE ROCAS ÍGNEAS – FORMAS DE YACIMIENTOS**. Departamento de Petrología y Geoquímica. Disponible en: <https://petroigne.wordpress.com/formas-de-yacimiento/formas-plutonicas-y-filonianas/diques-y-sills/>

Van Der Pluijm, B.A. and Marshak, S. (2004) **EARTH STRUCTURE: AN INTRODUCTION TO STRUCTURAL GEOLOGY AND TECTONICS**. 2nd Edition, WW Norton, New York.). <https://www.geologiaestructural.com/diactasas/>

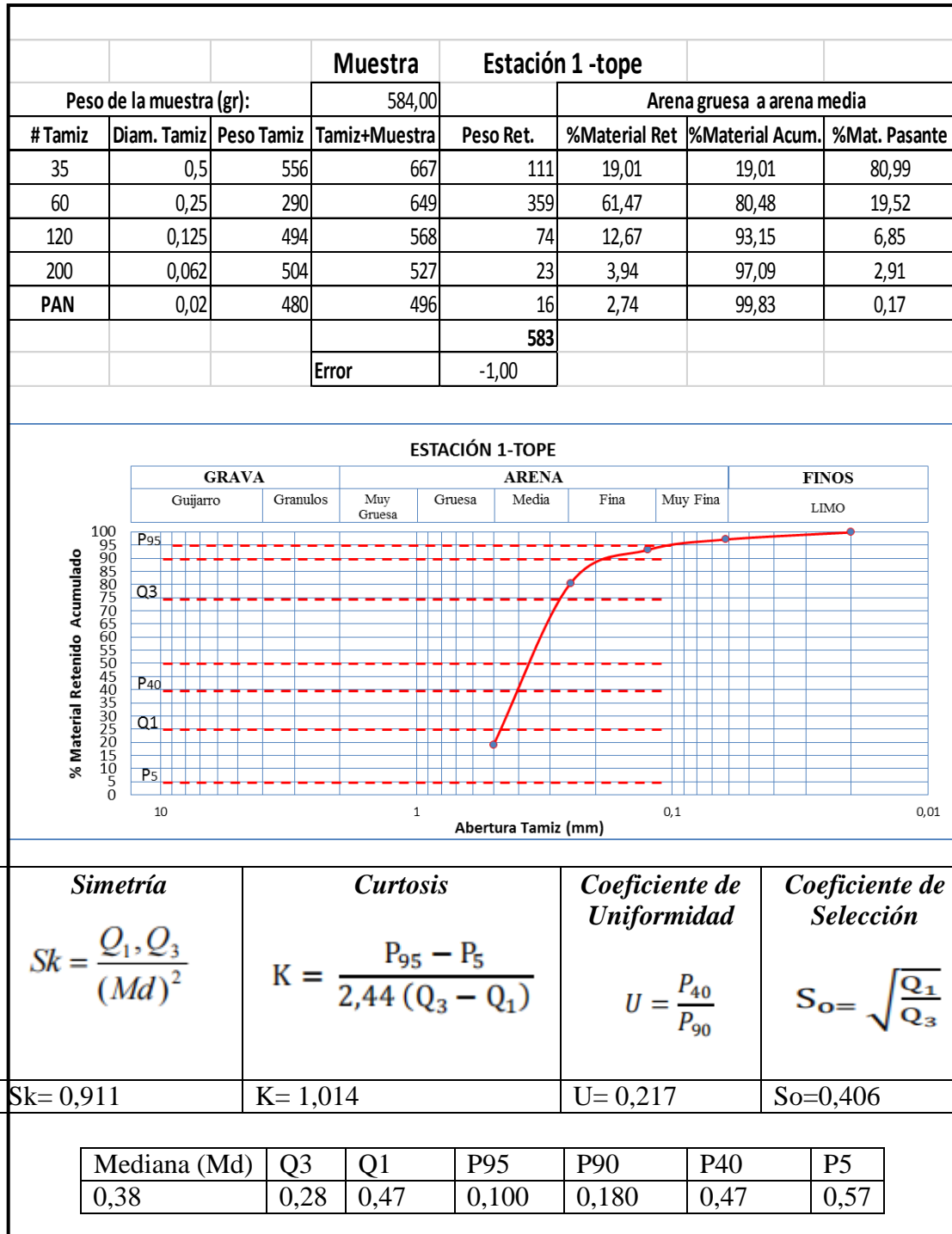
Yardley, B. W. D. (1989). *An introduction to metamorphic petrology*. Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical. p. 22: Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Gneis#CITAREFYardley1989>.

Wikipedia (2016) **DIACLASAS**. Consulta el 23 de agosto 2024. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Diactasa>.

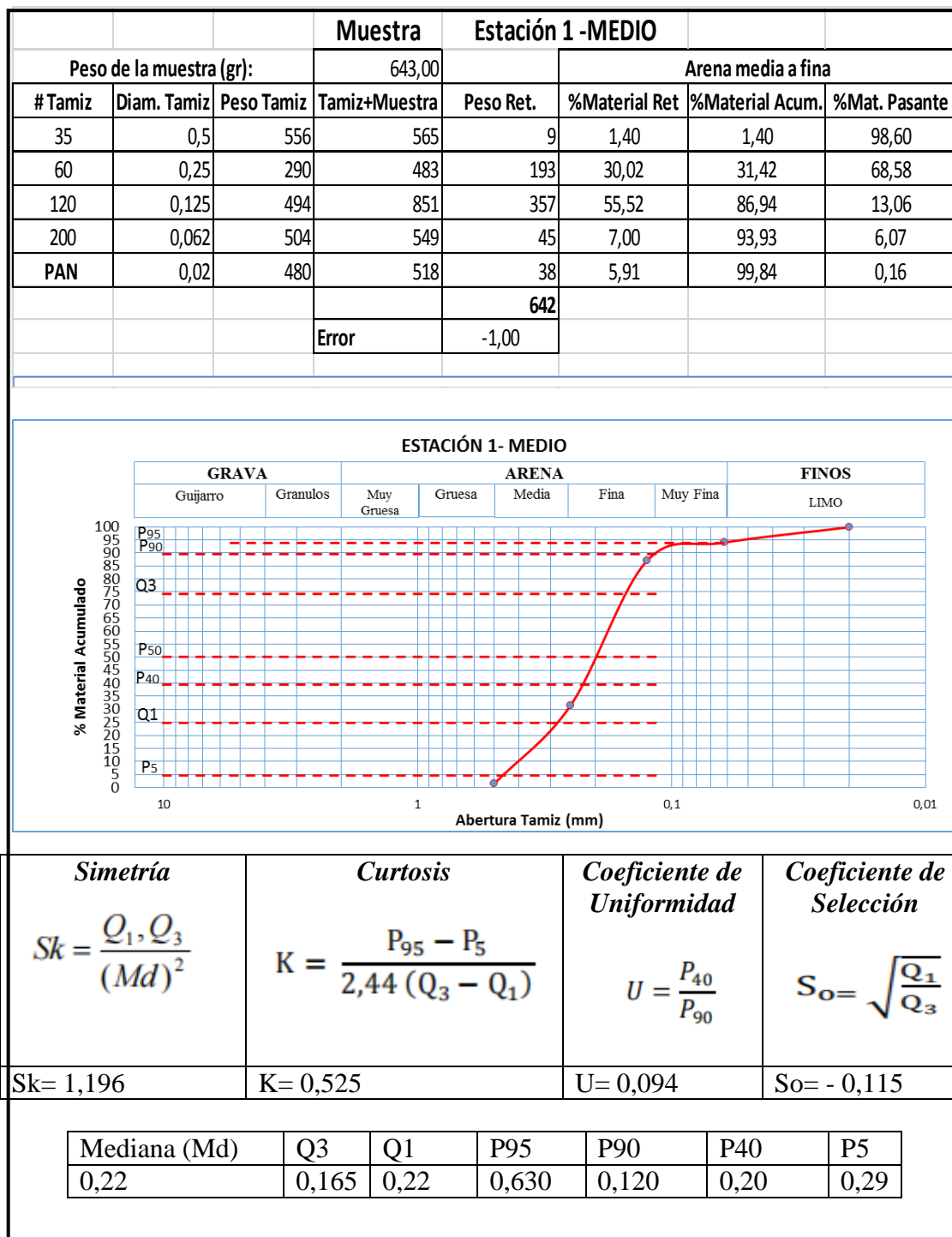
Wikipedia (2024) **GNEIS**. Consulta el 23 de agosto 2024. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Gneis>.

APÉNDICES

APÉNDICE A
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS SEDIMENTOS
Y PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

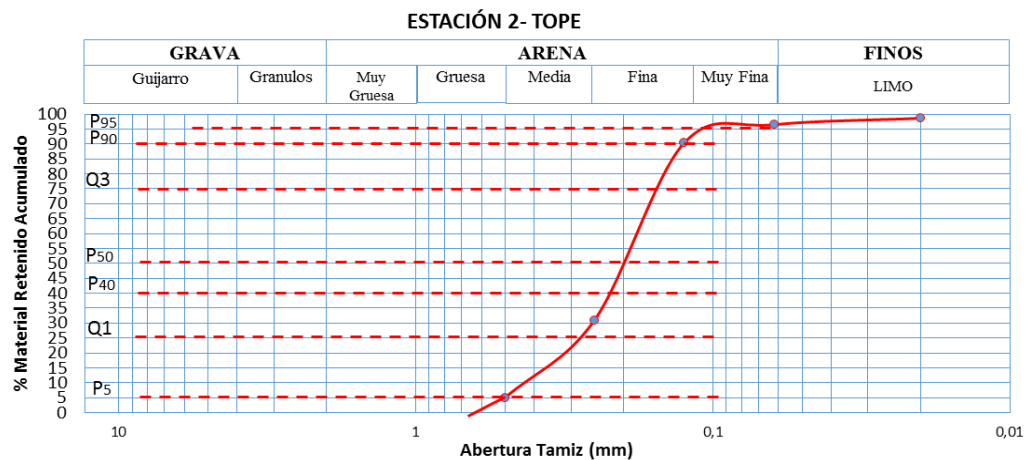


A.1 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E1-Topo.



A.2 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E1-Medio.

			Muestra	Estación 2 -tope			
Peso de la muestra (gr):			597,00	Arena media a muy fina			
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	663	693	30	5,03	5,03	94,97
35	0,5	556	711	155	25,96	30,99	69,01
60	0,25	290	644	354	59,30	90,29	9,71
120	0,125	494	531	37	6,20	96,49	3,51
200	0,062	504	517	13	2,18	98,66	1,34
PAN	0,02	480	486	6	1,01	99,67	0,33
				595			
				Error	-2,00		

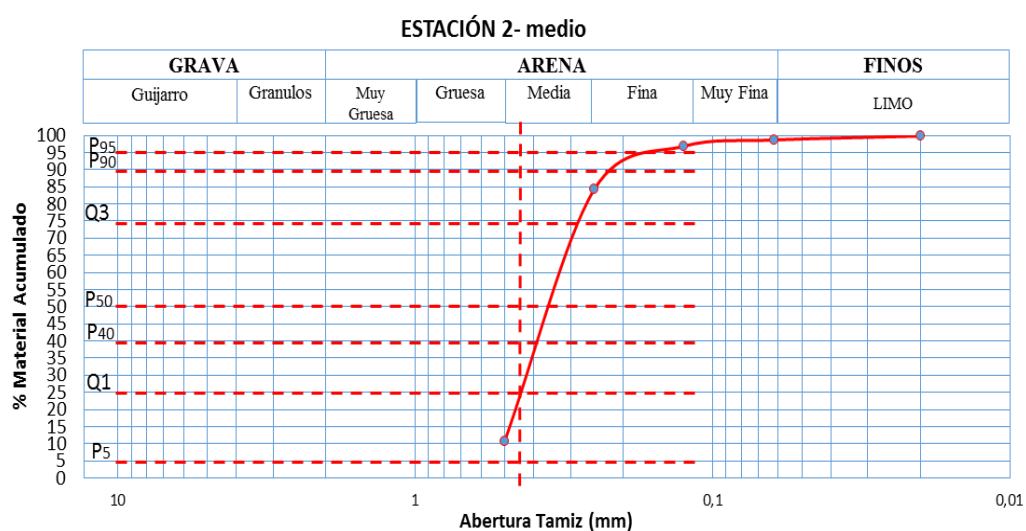


<i>Simetría</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	<i>Coefficiente de Selección</i>
$Sk = \frac{Q_1, Q_3}{(Md)^2}$	$K = \frac{P_{95} - P_5}{2,44 (Q_3 - Q_1)}$	$U = \frac{P_{40}}{P_{90}}$	$S_o = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$
Sk= 1,160	K= 1,387	U= 0,100	So= 0,305

Mediana (Md)	Q3	Q1	P95	P90	P40	P5
0,22	0,16	0,29	0,006	0,13	0,22	0,5

A.3 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E2-Topo.

			Muestra	Estación 2 -medio				
Peso de la muestra (gr):			601,00		Arena media a fina			
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante	
35	0,5	556	620	64	10,65	10,65	89,35	
60	0,25	290	732	442	73,54	84,19	15,81	
120	0,125	494	570	76	12,65	96,84	3,16	
200	0,062	504	515	11	1,83	98,67	1,33	
PAN	0,02	480	487	7	1,16	99,83	0,17	
				600				
Error				-1,00				

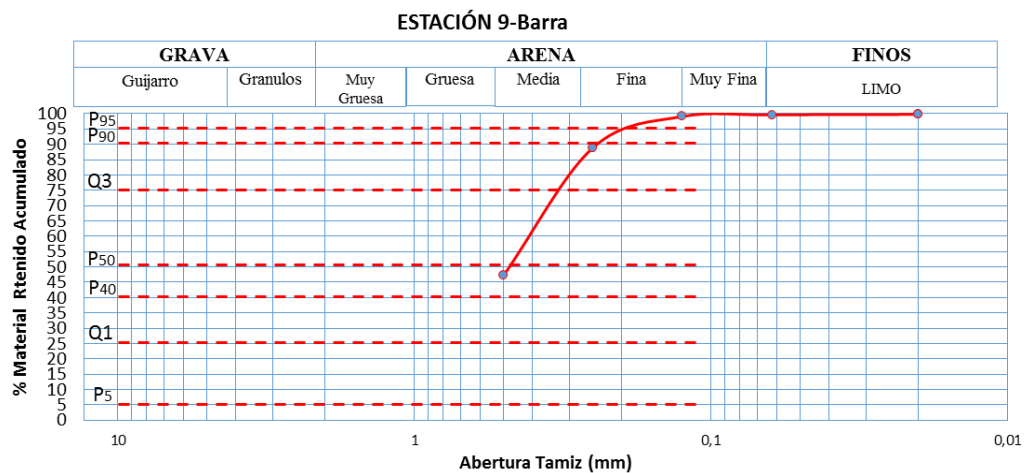


<i>Simetría</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	<i>Coefficiente de Selección</i>
$Sk = \frac{Q_1, Q_3}{(Md)^2}$	$K = \frac{P_{95} - P_5}{2,44 (Q_3 - Q_1)}$	$U = \frac{P_{40}}{P_{90}}$	$S_o = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$
Sk= 1,047	K= 0,995	U= 0,178	So= 0,398

Mediana (Md)	Q3	Q1	P95	P90	P40	P5
0,355	0,30	0,44	0,16	0,210	0,40	0,5

A.4 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E2-Medio.

			Muestra	Estación 9- barra			
Peso de la muestra (gr):			572,00	Arena muy gruesa a arena gruesa			
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	663					
18	1	2	663	269	47,03	47,33	52,67
35	0,5	607	876	238	41,61	88,94	11,06
60	0,25	556	794	58	10,14	99,08	0,92
120	0,125	290	348	3	0,52	99,60	0,40
200	0,062	494	497	1	0,17	99,78	0,22
PAN	0,02	504	505	1	0,17	99,95	0,05
	0,02	480	481	570			
			Error	-2,00			

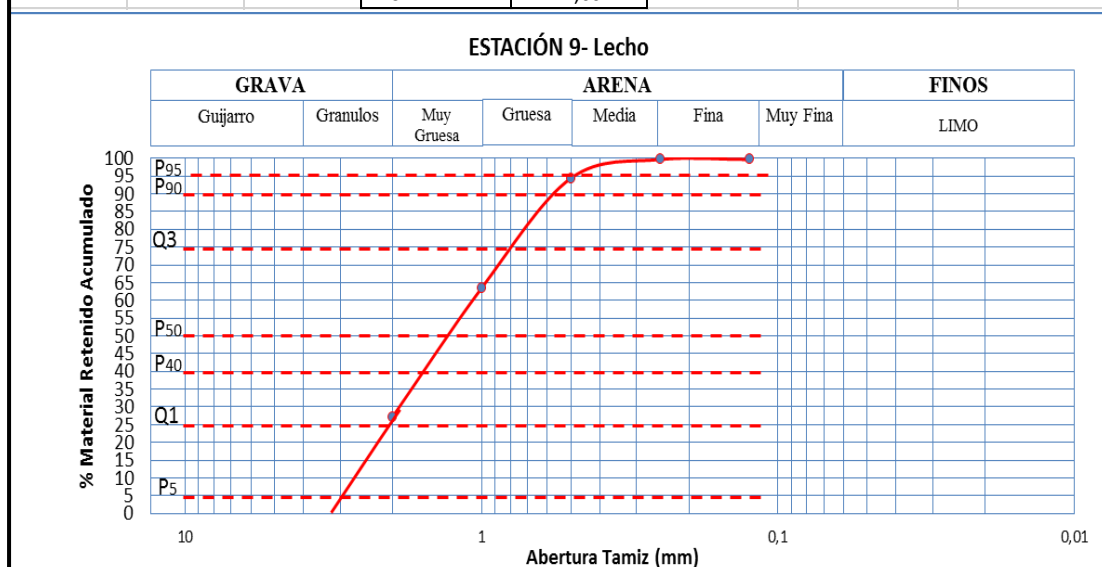


<i>Simetría</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	<i>Coefficiente de Selección</i>
$Sk = \frac{Q_1, Q_3}{(Md)^2}$	$K = \frac{P_{95} - P_5}{2,44 (Q_3 - Q_1)}$	$U = \frac{P_{40}}{P_{90}}$	$S_o = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$
Sk= 1,076	K= 0,841	U= 0,470	So= 0,454

Mediana (Md)	Q3	Q1	P95	P90	P40	P5
0,47	0,33	0,72	0,2	0,24	0,54	1,0

A.5 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E9-Barra.

			Muestra	Estación 9 - Lecho				
Peso de la muestra (gr):			605,00	Arena muy gruesa - arena gruesa				
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante	
10	2	663	827	164	27,11	27,11	72,89	
18	1,00	607	827	220	36,36	63,47	36,53	
35	0,5	556	743	187	30,91	94,38	5,62	
60	0,25	290	322	32	5,29	99,67	0,33	
120	0,125	494	494	0	0,00	99,67	0,33	
200	0,062	504	504	0	0,00	99,67	0,33	
PAN	0,02	480	481	1	0,17	99,84	0,16	
				604				
				Error	-1,00			



<i>Simetría</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	<i>Coefficiente de Selección</i>
$Sk = \frac{Q_1, Q_3}{(Md)^2}$	$K = \frac{P_{95} - P_5}{2,44 (Q_3 - Q_1)}$	$U = \frac{P_{40}}{P_{90}}$	$S_o = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$
Sk= 0,994	K= 0,788	U= 3,900	So= 1,261

Mediana (Md)	Q3	Q1	P95	P90	P40	P5
1,30	0,8	2,1	0,50	0,57	1,60	3,

A.6 Análisis granulométrico y parámetros estadísticos de la muestra E9-Lecho.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO 1/6:

TÍTULO	Caracterización de los afloramientos rocosos y los sedimentos en la cuenca media de la quebrada Carrizal, al oeste del fundo San Ignacio, ubicado en la parroquia Orinoco, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar
---------------	--

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Contreras Perez. Osmerys Yaseida	CVLAC: E MAIL: osmerysyaseidacontreras1993@gmail.com
Marcano Fernandez. Raulimar Oscarly	CVLAC: E MAIL: raulimarmarcano22@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

quebrada carrizal ciudad bolívar
gneises monzoníticos
complejo de imataca
sedimentos recientes
curvas granulométricas
diagramas de rosas
parámetros estadísticos de los sedimentos

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-2/6

ÁREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÁREA y/o SERVICIO
Departamento de Geología	Estructural
	Sedimentología

RESUMEN (ABSTRACT):

El área de estudio está ubicada en la quebrada Carrizal al oeste del fundo san Ignacio, al suroeste de Ciudad Bolívar, en la parroquia Panapana del municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar. La finalidad es la caracterización de los afloramientos rocosos y los sedimentos. . Es una investigación tipo descriptiva, con un diseño documental y de campo. Se recolecto información en 9 estaciones, 7 en el Complejo de Imataca, y 2 en Sedimentos del Reciente. Los sedimentos se analizaron la granulometría por tamizado mecánico y se clasificaron según Udden-Wentworth, la morfoscopia de las partículas, para inferir el grado de transporte y la cercanía de la fuente. A las rocas se les determinó la mineralogía por análisis macroscópico. Se elaboraron diagramas de rosetas para las diaclasas, la foliación y zonas de cizallas. Se identificaron 3 unidades estratigráficas: Complejo de Imataca, que presenta migmatitas, gneises de grano medio y medio a fino, de colores blancos rosáceos y grises, finas bandas negras y blancas, foliados y diaclasados, con pliegues de flujo, gneises cuarzodiorítico, gris claro y gris oscuro, con foliación marcada, plegado, fallas de rumbo dextrales y sinestrales, con diques y sills de pegmatitas, gneises monzograníticos y sienita cuarcífera, rosada, blanco y gris oscuro; que se presentan en bloques dispersos en el terreno de diferentes tamaños, en ambas márgenes de la quebrada; y los Sedimentos del Reciente, en los taludes con arenas fina, de color rojo amarillento, arenas muy finas, marrón grisáceo, moteadas de rojo, arenas medias limosa gris, arenas limoarcillosa gris, arena muy fina, gris moteada de rojo y arenas medias marrón grisáceo con laminaciones; las barras arenosas con arenas medias a gruesas, de color marrón claro y en el lecho gravas medias arenosas, de color marrón medio a marrón claro, amarillentas. Las 5 muestras de rocas son gneis cuarzodiorítico: con plagioclasas de 41-40%, cuarzo 35%, biotita 20-15% y feldespatos 4%, y accesorios: mica flogopita 3%, anfíboles 2% y circón 1%; sienita cuarcífera, con feldespatos 45%, cuarzo 25%, plagioclasas 15% y biotita 15%; monzogranito con un contenido de plagioclasas 27%, feldespatos 23%, cuarzo 25% y biotita 23%, y mica flogopita 2% como mineral accesorio; gneis biotítico cuarzoso, con contenido de plagioclasas 35%, biotita 25%, cuarzo 20% y feldespatos 15%, y accesorios mica flogopita 3% y circón 2%. En las rocas se encuentran 3 familias de diaclasas verticales, 2 con dirección E-W y N-W, que conforman un sistema ortogonal a subortogonal, y una familia de azimuth 232⁰; las foliaciones, presentan entre 85⁰ y 90⁰ de azimuth y otra de 295⁰, asociadas a un plegamiento a nivel regional. Las estructuras de cizallas (SC) tienen 65⁰ de azimuth y 345⁰ de azimuth. Determinándose 3 eventos tectónicos de direcciones NW-SE, W-E y NE-SW, indicativo del alto grado de cizallamiento. Las partículas de los sedimentos en los taludes predominan las partículas subredondeadas, redondeadas y angulosas lo que indica varias fuentes de ellos.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-3/6

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL										
Rosario Rivadulla	ROL	C		AS	X	TU		JU			
	CVLAC:										
	E_MAIL	rosariorivadulla@gmail.com									
	E_MAIL	udorivadulla@gmail.com									
Enrique Acosta	ROL	C		AS		TU		JU	X		
	CVLAC:										
	E_MAIL	acosta.enrique176@gmail.com									
	E_MAIL										
Edixon Salazar	ROL	CA		A	S		TU		JU	X	
	CVLAC:										
	E_MAIL	edixonsal@hotmail.com									
	E_MAIL										
	ROL	CA		AS		TU		JU			
	CVLAC:										
	E_MAIL										
	E_MAIL										
	ROL	CA		AS		TU		JU			
	CVLAC:										
	E_MAIL										
	E_MAIL										

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2024	11	18
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-4/6

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
NBOTTG_CPOY2024	. MS.word

ALCANCE

ESPACIAL: Quebrada Carrizal, parroquia Orinoco, municipio Angostura del Orinoco, - estado Bolívar

TEMPORAL: 3 meses.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Geólogo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Geología

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Mazley*

FECHA *5/8/09* HORA *5:20*

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos
JUAN A. BOLANOS CUNPELE
Secretario



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

JABC/YGC/manuja

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-6/6

DERECHOS

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

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

Contreras P. Osmerys Y.

AUTOR

Marciano F. Raulimar O

AUTOR

Rivadulla Rosario

TUTOR