



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

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS
AFLORAMIENTOS EN EL RÍO EL DIABLITO, UBICADO EN LA PARROQUIA
MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.**

**PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES ANGEL
JIMENEZ Y DANYERVIC
LAYA PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE GEOLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE DEL 2024



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

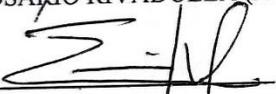
ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS EN EL RÍO EL DIABLITO, UBICADO EN LA PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR** presentado por los bachilleres, **ANGEL RAFAEL JIMENEZ SOJO**, cédula de identidad N° 24.892.125 y **DANYERVIC ALEXANDER LAYA LARA** cédula de identidad N° 27.297.309, como requisito para optar al título de **GEÓLOGO**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

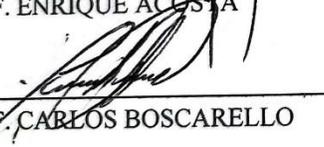
JURADO:



PROF. ROSARIO RIVADULLA (ASESOR)



PROF. ENRIQUE ACOSTA



PROF. CARLOS BOSCARELLO



PROF. FRANCISCO MONTEVERDE
DIRECTOR DE ESCUELA DE
CIENCIAS DE LA TIERRA



En Ciudad Bolívar, a los _____ días del mes de _____ de 2024

DEDICATORIA

A Dios por nunca abandonarme y guiarme durante el transitar de mi carrera universitaria.

A mis padres y amigos por el apoyo en momentos difíciles.

Y a todas las personas que participaron de cualquier forma en la investigación de este proyecto, Dios está con ustedes y los bendice eternamente

AngelJimenez

DEDICATORIA

Primeramente dedico este trabajo de investigación a Dios, por ser el que hace todo posible hasta en los momentos más inciertos.

De igual forma agradecer a mi madre Clemencia Lara, quien ha sido mi guía en toda esta travesía y ha sabido comprender todas las decisiones que tomo.

También agradecer a mi padre Daniel Laya, que aunque en la distancia siempre ha sabido estar presente y ser un gran apoyo en todas las decisiones y proyectos.

A mis tías Dominga Lara y Anaiz Saavedra grandes apoyo en todo este proceso de investigación

A mis amigos por ser ellos quienes me motivaban a seguir en esos momentos en el que parecía querer rendirme, gracias por su apoyo y palabras de aliento

Al Pbro Jesús Amable por su gran apoyo para la realización de este trabajo de investigación, que Dios siga guiando su ministerio y su vida.

Y Por ultimo pero no menos importante a quien con todas y cada una de sus acotaciones y apoyo fue la más grande colaboradora, enseñándonos la pasión por lo que hace, a la Profesora Rosario Rivadulla, tutora académica, mi más sincero agradecimiento

Danyervic Laya

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecemos a Dios por permitirnos culminar esta etapa de estudios a nuestra Casa de Estudios y a la profesora Rosario Rivadulla como nuestra tutora académica por todas las orientaciones pertinentes, por todo el apoyo que nos brindaron para la realización de esta investigación y por su dedicación en el trabajo que realiza, muchas gracias.

Ángel Jiménez

RESUMEN

El área de la rio El Diablito se encuentra al sureste de Ciudad Bolívar, en la parroquia Marhuanta, Municipio Angostura del Orinoco, en el Estado Bolívar. Este trabajo tiene como objetivo el realizar una caracterización geológica y estructural, de los alrededores de la rio El Diablito. Esta investigación ha sido definida como de tipo descriptiva, con diseño documental y de campo. Para obtener los objetivos se recolectó información a través de 8 estaciones de trabajo, que forman parte del complejo Geológico de Imataca y de sedimentos del reciente, recolectando así 10 muestras de sedimentos y 8 de rocas, a las cuales se les realizaron diversos estudios, a las muestras sedimentológicas se les realizó un estudio granulométrico y un estudio morfológico por el método de Pettijhon; mientras tanto a las muestras de rocas se le realizó un análisis mineralógicos macroscópicos a través de una lupa 10X. De igual manera se llevaron a cabo descripciones de estructuras geológicas, elaboración de diagramas de rosas y la elaboración de un mapa geológico. El área está compuesta litológicamente gneises biotíticos cuarzosos de grano fino y grano medio de distintos colores y algunos con bandas de biotita y moscovita en la superficie meteorizada, gneises cuarzo feldespáticos biotíticos, de grano medio, de diversos colores; y migmatitas de colores gris y rosado, diques de cuarzo y pegmatitas cizalladas, pertenecientes al Complejo de Imataca y suelos residuales de grano medio a muy grueso, con abundantes fragmentos de cuarzo lechoso moteado de rojo claro y cuarcitas ferruginosas con 1 a 6 cm de diámetro sobre gneises y cuarcitas, además de estos como parte de los sedimentos del reciente se componen principalmente por arenas de grano muy grueso a media gravosas y arenas de grano grueso a medias gravosas. Las diaclasas observadas en la estación 7 son de tipo conjugadas las cuales tienen un azimut de 335° y de 180° las cuales poseen ua dirección de esfuerzos NW-SE de 65° , por su parte en la estación 8 se encontraron diaclasas conjugadas las cuales presentaron azimut: de 332° y 273° y con un esfuerzo con dirección NW-SE de 32° . Se pudo identificar para cada una de las muestras sedimentológicas que estas mayormente tuvieron un transporte de moderado a bajo. En el mapa geológico se observa que los suelos residuales pertenecientes al Complejo de Imataca abarcan la mayoría del terreno con un 95% aproximadamente, mientras que los afloramientos del complejo de Imataca representan el 3% del área y los sedimentos del reciente representan 2% del terreno cartografiados

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE APÉNDICES	xvi
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I	19
SITUACIÓN A INVESTIGAR	19
1.1 Planteamiento del problema	19
1.2 Objetivos de la investigación	20
1.2.1 Objetivo general	20
1.2.2 Objetivos específicos	20
1.3 Justificación de la investigación	21
1.4 Alcance de la investigación	21
1.5 Limitaciones de la investigación	21
CAPÍTULO II	22
GENERALIDADES	22
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	22
2.2 Acceso al área de estudio	22
2.3 Características generales del área de estudio	24
2.3.1 Clima	24

2.3.2	Vegetación _____	26
2.3.3	Suelos _____	28
2.3.4	Geomorfología _____	29
	_____	29
	_____	30
2.3.5	Geología regional _____	30
2.3.6	Geología local _____	32
CAPÍTULO III _____		34
MARCO TEÓRICO _____		34
3.1	Antecedentes o estudios previos _____	34
3.2	Fundamentos teóricos _____	39
3.2.1	Rocas metamórficas _____	39
3.2.2	Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas _____	40
3.2.3	Clasificación de las rocas metamórficas basada en criterios de composición, estructura y grado de metamorfismo _____	42
3.2.4	Texturas metamórficas _____	42
3.2.5	Texturas foliadas _____	42
3.2.6	Boudinage _____	44
3.2.7	Fallas, zonas de fallas y zonas de cizallas _____	45
3.2.8	Diaclasas _____	46
3.2.9	Familias de Diaclasas _____	47
3.2.10	Diaclasas tectónicas _____	48
3.2.11	Relación de las diaclasas con otras estructuras _____	49
3.2.12	Diagrama de rosas _____	51
3.2.8	Medida de las direcciones características de las diaclasas _____	52
3.2.13	Análisis granulométrico _____	54
3.2.14	Grado de redondez _____	55
3.2.15	Escala Wentworth-Udden _____	57
3.2.16	Morfoscopía de los sedimentos _____	57
3.3	Definición de términos básicos _____	58
3.3.1	Rumbo _____	58

3.3.2	Buzamiento	58
3.3.3	Sills	59
3.3.4	Diques	59
3.3.5	Fractura	59
3.3.6	Afloramiento rocoso	59
3.3.7	Textura y estructura de la roca	60
3.3.8	Tipos de rocas metamórficas	60
3.3.9	Gneis	60
3.3.10	Anfibolita	61
3.3.11	Cuarcita	61
3.3.12	Migmatita	61
3.3.13	Pegmatita	62
3.3.14	Granulita	63
3.3.15	Protolito	64
3.3.16	Afloramiento	65
3.3.17	Mapa geológico	65
3.3.18	Estructuras sedimentarias	66
3.3.19	Estratificación paralela	67
3.3.20	Estratificación laminar	67
CAPÍTULO IV		68
MARCO METODOLÓGICO		68
4.1	Tipo de investigación	68
4.2	Diseño de la investigación	69
4.3	Población y muestra de la investigación	69
4.3.1	Población de la investigación	69
4.3.2	Muestra de la investigación	70
4.4	Técnicas de recolección de datos e instrumentos de recolección	70
4.4.2	Instrumentos de recolección de datos	71
4.5	Técnicas de la ingeniería a utilizar	72
4.5.1	Recopilación de información cartográfica de la zona a estudiar	72

4.5.2	Recopilación de información bibliográfica	72
4.5.3	Inspección de campo	72
4.5.4	Chequeo de campo	73
4.5.5	Procesamiento de los datos	73
4.5.6	Memoria explicativa	74
4.6	Flujograma de la investigación	74
4.6.1	Planificación y selección del área	75
4.6.2	Trabajo de Campo	76
4.6.3	Análisis de laboratorios	79
4.6.4	Trabajo de oficina	83
4.6.4.2	Clasificación de sedimentos por la escala de Udden Wentworth	84
4.6.5	Redacción del Informe final	86
CAPÍTULO V		87
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		87
5.1	Descripción de las unidades estratigráficas presentes en el área de estudio	87
5.1.1	Estación E1	90
		91
5.1.2	Estación 2	91
5.1.3	Estación 3	92
5.1.4	Estación 4	93
5.1.5	Estación 5	95
5.1.6	Estación 6	96
5.1.7	Estación 7	98
5.1.8	Estación 8	100
5.2	Descripción macroscópica de las rocas aflorantes	101
5.2.1	Muestra E6-M1	101
5.2.2	Muestra E6-M2	102
5.2.3	Muestra E7-M1	103
5.2.4	Muestra E7-M2	104

5.3	Descripción de las estructuras geológicas de los afloramientos rocosos y esfuerzos usando diagramas de rosas _____	105
5.4	Clasificación textural de los sedimentos por la escala de Udden-Wentworth _	112
5.5	Análisis morfoscópico _____	114
5.5.1	E1 – Lecho _____	114
5.5.2	E3 – Lecho _____	115
5.5.3	E3 – Base _____	117
5.5.4	E3 – Centro _____	118
5.5.5	E3 – Tope _____	119
5.5.6	E5 – M1 _____	120
5.5.7	E6 – Lecho _____	121
5.5.8	E6 – M1 _____	122
5.5.9	E6 – M3 _____	123
5.5.10	E6C – M1 _____	124
5.6	Mapa geológico de la rio El Diablito _____	125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____		127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____		130
APÉNDICES _____		134
APÉNDICE B _____		145

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 1: Mapa de Acceso a la zona de estudio, río El Diablito. (Fuente: Google Maps)	23
Figura 2 2: Imagen satelital de la entrada a la zona de estudio. Fuente: Google Maps.	24
Figura 2 3: Vegetación bosque de galería área de estudio.	27
Figura 2 4: Vegetación de sabana en el área de estudio	27
Figura 2 5: Peniplanicie en el área de estudio.	29
Figura 2 6: Tabla 2 6: Peniplanicie en el área de estudio.	30
Figura 2 7: Mapa geológico del Escudo de Guayana, con las diversas litologías(Mendoza V., 2012)	31
Figura 3 1: Formación de roca metamórfica (Migmatita), basada en relaciones de campo y el estudio de la reología de los procesos de segregación de fundido. Castro A., (2015)	41
Figura 3 2: Muestra de roca con textura félsica. (Tarbuck, Lutgens.2005)	44
Figura 3 3: Geometría de los boudins. Fossen, H. (2010)	45
Figura 3 4: Representación de diaclasas no sistematicas y sistema de diaclasas. Van der Plujim y Marshak. (2004)	47
Figura 3 5: a) Formación de una familia de diaclasas, b) formación de dos familias de diaclasas. (Fossen, 2010)	48
Figura 3 6: Esfuerzos principales en diaclasas tectónicas (Fossen H., 2010)	49
Figura 3 7: Diagrama de rosas. Wolfgang (2010).	52
Figura 3 8: Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez Sebastián, 2016)	53
Figura 3 9: Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez Sebastián, 2016)	53
Figura 3 10: Representación de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Pérez, 2023)	54
Figura 3 11: Grado de redondez de los sedimentos. Maldonado, Y. (2021)	57
Figura 4 1: Equipos utilizados en campo para la recolección de muestras	72

Figura 4 2: Flujograma de la investigación ríoEl Diablito	75
Figura 4 3: Hoja cartográfica de Marhuanta (7440)	77
Figura 4 4: Fase de trabajo de campo.	78
Figura 4 5: Muestras de las rocas para análisis macroscópico mediante microscopio estereográfico.....	80
Figura 4 6: Selección de sedimentos	81
Figura 4 7: Proceso de tamizado de forma manual	81
Figura 4 8: Muestra de sedimento para análisis morfoscópico.	83
Figura 4 9: Programa Stereonet, para cargar datos iniciales	85
Figura 4 10: Programa Stereonet con la generación del diagrama de rosas y datos cargados	85
Figura 5 1: Croquis de Google Earth con las estaciones del área de estudio _____	87
Figura 5 2: Afloramientos del Complejo de Imataca _____	89
Figura 5 3: Suelos residuales en el área de estudio _____	89
Figura 5 4: Calicata en la estación E1 (N 895251 E 450822.67) _____	90
Figura 5 5: Barra de meandro E1 _____	91
Figura 5 6: Bioturbaciones observadas en la barra de meandro E1. _____	91
Figura 5 7: Afloramiento rocoso en E2 (N: 895252,43 – E; 450836.10) _____	92
Figura 5 8: Calicata abierta en la estación E3 (N: 895199 – E: 450931.86) _____	93
Figura 5 9: Barra de arena en E3 _____	93
Figura 5 10: Afloramiento rocoso en E4 _____	94
Figura 5 11: Afloramiento rocoso en E4 _____	95
Figura 5 12: Rio El Diablito en E5, en la foto de la derecha barra arenosa y talud _____	96
Figura 5 13: Vegetación en el cauce del rio El Diablito en E6 _____	97
Figura 5 14: Calicata en E6 _____	98

Figura 5 15: Afloramientos en la estación E7 _____	98
Figura 5 17: Falla inversa encontrada en la estación E7 _____	99
Figura 5 16: Boudinage en la estación E7 _____	99
Figura 5 18: Diaclasas conjugadas en E7 _____	100
Figura 5 19: Vegetación y afloramientos en E8 _____	100
Figura 5 20: Muestra E6-M1: A) Muestra de mano y B) A través del microscopio ____	102
Figura 5 21: Muestra E6-M2: A) muestra de mano y B) vista a través del microscopio.	102
Figura 5 22: Muestra E7-M1, A) muestra de mano y B) visto a través del microscopio.	103
Figura 5 23: Muestra E7-M2, A) muestra de mano y B) vista a través del microscopio _	104
Figura 5 24: Diaclasa Conjugada E7 _____	106
Figura 5 25: Diagrama de Rosas con los esfuerzos σ_1 , de las diaclasas en E7 _____	106
Figura 5 26: Diaclasas sub ortogonales estación E8. _____	107
Figura 5 27: Diagrama de Rosas de las diaclasas oblicuas en estación E8 _____	108
Figura 5 28: Diagrama de Rosas de las diaclasas subortogonales en estación E8 _____	109
Figura 5 29: Diagrama de rosas de las foliaciones, fallas y zonas de cizalla _____	110
Figura 5 30: Diagrama de rosas de las foliaciones, fallas y zonas de cizalla. _____	111
Figura 5 31: Boudinage en E7 _____	111
Figura 5 32: Falla estación E7 _____	112
Figura 5 33: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E1 – Lecho ____	115
Figura 5 34: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E3 – Lecho. ____	116
Figura 5 35: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E3 – Base _____	117
Figura 5 36: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E3 – Centro ____	118
Figura 5 37: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E3 – Tope _____	119
Figura 5 38: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E5 – M1 _____	120

Figura 5 39: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6 – Lecho_____	121
Figura 5 40: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6 – M1 _____	122
Figura 5 41: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6 – M3 _____	123
Figura 5 42: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6C - M1 _____	124
Figura 5 43: Mapa geológico del río El Diablito en la cuenca media _____	126

LISTA DE TABLAS

Tabla 2 1: Estaciones de estudio con sus coordenadas UTM_____	22
Tabla 5 1: Coordenadas y unidades estratigráficas de las estaciones de estudios _____	88
Tabla 5 2: Estructuras encontradas en las estaciones de estudio _____	105
Tabla 5 3: Estaciones de recolección de sedimentos y características de las mismas ____	113
Tabla 5 4: Clasificación de sedimentos según escala Udden-Wentworth_____	114
Tabla 5 5: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E1 – Lecho _____	115
Tabla 5 6: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E3 - Lecho _____	116
Tabla 5 7: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E3 - Base	117
Tabla 5 8: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E3 - Centro _____	118
Tabla 5 9: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E3 - Tope	119
Tabla 5 10: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E5 – M1	120
Tabla 5 11: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E6 – Lecho _____	121
Tabla 5 12: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E6 – M1	122
Tabla 5 13: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E6 – M3	123

LISTA DE APÉNDICES

A. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS

A.1 Análisis granulométrico de la muestra E1 – Lecho_____	122
A.2 Análisis granulométrico de la muestra E3 – Lecho_____	123
A.3 Análisis Granulométrico de la muestra E3 – Base_____	124
A.4 Análisis Granulométrico de la muestra E3 – Centro_____	125
A.5 Análisis granulométrico de la muestra E3 – Tope_____	126
A.6 Análisis granulométrico de la muestra E5 – M1_____	127
A.7 Análisis granulométrico de la muestra E6 – Lecho_____	128
A.8 Análisis granulométrico dela muestra E6 - M1_____	129
A.9 Análisis granulométricode la muestra E6 - M3_____	130
A.10 Análisis granulométrico de la muestra E6C - M1_____	131

B. ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LAS MUESTRAS DE ROCAS

B.1Tabla Descriptiva de los análisis mineralógicos macroscópicos de las muestras de rocas E6-A y E6-B._____	133
B.2 Tabla Descriptiva de los análisis mineralógicos macroscópicos de las muestras de rocas E7-A-M1 y E7_____	134

INTRODUCCIÓN

La Provincia Geológica de Guayana comprendida por sus 4 Provincias Geológicas posee grandes rasgos geológicos lo cual la hace muy atractiva tanto desde el punto de vista investigativo, como desde el punto de vista económico, esto debido a las reservas de minerales valiosos encontrados en la zona.

Es por esto que, investigaciones como estas son de importancia, de forma tal, que zonas no estudiadas anteriormente a profundidad puedan ser investigadas y así aportar al reconocimiento de estas zonas desde el ámbito geológico y cartográfico.

La zona a estudiar son los alrededores de la Rio El Diablito, la cual pertenece a la Provincia Geológica de Imataca, la cual esta es caracterizada por estar al norte de la Guayana Venezolana y componerse principalmente por Gneises félsicos y máficos, formaciones bandeadas de hiero, dolomita, cuarcitas, charnockitas, migmatitas anfibolitas, además de varias mas rocas granitoídeas en menor cantidad; aun cuando existe esta información los alrededores de la zona estudiar poseen poca información geológica detallada. De esta forma, el trabajo investigativo tiene como objetivo el caracterizar geológica y estructuralmente los afloramientos encontrados en la zona de la rio El Diablito, así como también, investigar el transporte de sedimentos generados por la rio e interpretar además las estructuras que se observan en la misma.

Esto tiene como fin la ampliación de las fuentes de investigación que se puedan obtener de la zona para próximos trabajos investigativos por parte de empresas, estudiantes y profesionales en el área.

El trabajo investigativo contendrá 5 capítulos los cuales estarán comprendidos de la siguiente manera: El CAPÍTULO I, en el cual se abordará la situación a investigar, donde se detallaran los objetivos tanto general como específicos, la justificación y

limitaciones que puede comprender; para el CAPÍTULO II, se evidenciarán las generalidades de la del área a investigar; por su parte el Capítulo III se estarán detallando todos los antecedentes, los fundamentos teóricos y definición de términos básicos; de igual forma en el Capítulo IV se estará abarcando la metodología utilizada para la realización de esta investigación; y por último el CAPÍTULO V, comprenderá la representación e interpretación de los resultados obtenidos; además de cada uno de estos capítulos, se darán las conclusiones y recomendaciones las cuales se obtuvieron como resultado de los análisis que se llevaron a cabo.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, se le ha dado mucha importancia al turismo como inversión económica para impulsar la imagen de las bellezas naturales de cada país así como la importancia científica guardada en estos lugares, que muchos de ellos son poco explorados y estudiados, lo que deja como resultado un gran vacío de información que puede ser aprovechada para diversos proyectos a futuro.

Una de las problemáticas a nivel mundial es el tema de la contaminación de los recursos naturales, lo cual también afecta el tema científico, puesto que si se requieren llevar a cabo análisis para determinar las características de la zona a estudiar, los datos pueden aparecer alterados.

En la Provincia Geológica de Imataca, específicamente en la autopista Simón Bolívar, a pocos metros del corte de carretera vía a Puerto Ordaz, se encuentra una zona poco estudiada conocida como “Poza del Soldado” la cual es la naciente del río Marhuanta, en donde se han conseguido investigaciones que han detallado procesos geológicos de gran escala, así como sus cambios geoquímicos, indicando que esa zona alguna vez estuvo sometida a procesos tectónicos de gran intensidad.

Cabe destacar que en la Provincia de Imataca abundan rocas de composición granítica, además que se conoce también como la provincia del hierro, por su alto contenido en rocas de composición ferruginosa.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar geológica y estructuralmente los afloramientos encontrados en el río El Diablito, ubicado en el sector Marhuanta, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las unidades estratigráficas existentes en la zona de estudio mediante los datos de las estaciones de campo y el material bibliográfico.
2. Determinar la composición mineralógica de las rocas, macroscópicamente, utilizando microscopio estereográfico.
3. Clasificar las estructuras existentes en los afloramientos de la zona, de acuerdo a los datos de campo.
4. Determinar la dirección de los esfuerzos de los afloramientos de la zona, a través de la realización de un diagrama de rosas.
5. Clasificar texturalmente los sedimentos de la rio El Diablito a través de la clasificación de partículas Wentworth.
6. Determinar el grado de transporte de los sedimentos presentes en la rio El Diablito, mediante la realización de análisis morfoscóptico por el método de Power.
7. Representar en un mapa geológico las unidades estratigráficas presentes en la zona de estudio.

8. Comparar los resultados obtenidos en el estudio de la zona con la información de otros trabajos de investigación.

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.

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 Alcance de la investigación

La investigación tendrá como alcance la realización de la caracterización geológica y estructural de la zona de la rio El Diablito, de la parroquia Marhuanta, esto mediante la identificación de muestras de rocas obtenidas en la zona, la realización de un mapa geológico que permitirá representar las estructuras y unidades geológicas de la zona, la identificación de las estructuras encontradas en los afloramientos y con los diagramas de rosas inferir la dirección de los esfuerzos que las originaron, además aportar información sedimentológica de la rio El Diablito

1.5 Limitaciones de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación, se tiene como limitante la poca seguridad de la zona y la limitación en recursos para la realización de los estudios correspondientes.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco, en la autopista Simón Bolívar (Figura 2.1). Además, las estaciones de estudio pertenecientes al Complejo Geológico de Imataca y aluviones del reciente, están referenciada bajo coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM), como se observa en la tabla 1.

Tabla 2 1: Estaciones de estudio con sus coordenadas UTM

Estación	Coordenadas UTM (Huso 20)	
	Norte	Este
1	895251m	450822,67m
2	895252,43m	450836,10m
3	895199,42m	450931,86m
4	895180,57m	450896,09m
5	895202,27m	450907,35m
6	895164,01m	451068,27m
7	895133,70m	451018,57m
8	895139,37m	451005,58m

2.2 Acceso al área de estudio

La forma para poder acceder al área de estudio desde Ciudad Bolívar y tomando como punto inicio la antigua redoma en la avenida Libertador, vía a Marhuanta por la

troncal 19, se recorren 9 kilómetros hasta llegar al punto de control de la GNB en la entrada de Ciudad Bolívar, de allí se toma dirección hacia el Distribuidor Marhuanta para acceder a la Autopista Simón Bolívar en sentido a Puerto Ordaz atravesando el río Marhuanta (Figura 2.1). Una vez llegada a la entrada del sitio de estudio se debe recorrer un antiguo camino de tierra hecho por la CVG por unos 600 metros aproximadamente, a este camino solo se puede acceder caminando ya que es de superficie rustica. (Figura 2.2)

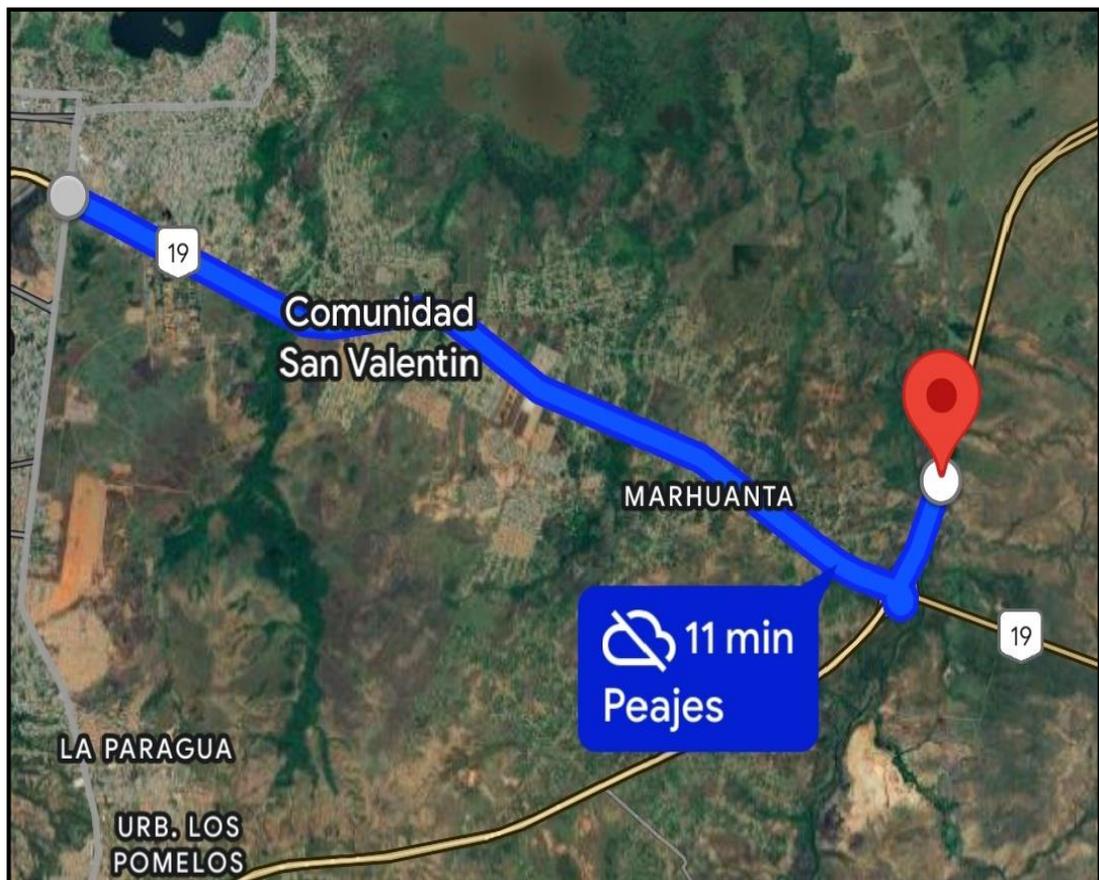


Figura 2 1: Mapa de Acceso a la zona de estudio, río El Diablito. (Fuente: Google Maps)



Figura 2 2: Imagen satelital de la entrada a la zona de estudio. Fuente: Google Maps.

2.3 Características generales del área de estudio

2.3.1 Clima

Como parte de la investigación realizada por CVGTecmin en el año 1991 en la zona representada por la hoja de radar NC-20-14 donde se encuentra la zona de estudio, se tienen los siguientes datos acerca del clima de esta zona.

2.3.1.1 Precipitación

El área de la hoja NC-20-14, tiene una media anual de precipitación de 1400mm, teniendo una temporada de lluvias que comienza a partir del mes de mayo y terminando en el mes de octubre. Además el mes más lluvioso del año es el mes de junio con 160mm en promedio. El volumen de precipitación registrado en la época de lluvias es

más o menos del 80% del total anual. También en la zona la época de sequía abarca los meses de noviembre hasta abril, siendo febrero y marzo los meses más secos del año.

2.3.1.2 Drenaje

En el año 1970 el Instituto de Cartografía Nacional realizó la hoja cartográfica de Marhuanta en una escala 1:100.000 de la cual se obtuvo que en la zona predomina la cuenca del río Marhuanta, este está formado por un sistema detrítico poco denso, y en el cual sus principales afluentes son el morichal La Cochina y la rio Manacaly de igual forma numeroso afluentes intermitentes.

2.3.1.3 Temperatura

La temperatura anual de la zona es de 26°C aproximadamente, teniendo un régimen térmico bimodal. El máximo principal ocurre en el mes de abril y el secundario en septiembre, en contrapuesto los menores valores de temperatura media se registran en los meses de enero-febrero y junio-julio.

Además existe una estimación de temperatura máxima media de aproximadamente de 31,5°C y como temperatura media mínima anual de 21,5°C.

2.3.1.4 Evaporación

En la zona la época de los máximos valores de evaporación se encuentran en los meses de marzo con aproximadamente 300mm, abril con 275mm y octubre con 220mm. También los valores mínimos de evaporación encontrados están en los meses de julio con una media de 170mm y diciembre con una media de 180mm.

2.3.1.5 Humedad relativa

La humedad relativa de la zona se encuentra con una media anual para la zona de 73% aproximadamente. Esta humedad relativa aumenta en el sentido oeste-este, desde un centro de 70% en la parte noroccidental de la zona hasta alcanzar 77% en los alrededores del lago de Gurí. Durante la época de junio-julio se registran los máximos valores de humedad relativa, mientras tanto los valores más bajos de humedad relativa se encuentran en las temporadas de marzo-abril y octubre-noviembre.

2.3.1.6 Vientos

El área de estudio está comprendida por un régimen de vientos que está determinado por alisios, la convergencia intertropical y los efectos orográficos locales. Se encuentra una velocidad media anual en el área de 11 km/h aproximadamente la cual tiene una dirección preferencial este y este – sureste. Desde enero hasta mayo es la época de mayor velocidad del viento, y es en marzo donde se presenta la velocidad más alta la cual es de 15,5km/h. Por otro lado la desde junio hasta septiembre, se observa una disminución de la velocidad del viento, teniendo una menor velocidad en el mes de septiembre siendo esta de 8,4km/h.

2.3.2 Vegetación

Las propiedades de la vegetación están sujetas a varios puntos relevantes tales como, la capa de vegetación, tipo de suelo, condiciones climatológicas, hidrología, entre otras. De acuerdo a estos componentes se puede determinar que la vegetación de sabana es la presente para el área, esto debido a los contenidos de sílice en el suelo, escasas capas de vegetación con presencia de especies vegetales típicas de gramíneas arbustivas, similares a matorrales y bosques de galería. (Figuras 2.3 y 2.4).



Figura 2 3: Vegetación bosque de galería área de estudio.



Figura 2 4: Vegetación de sabana en el área de estudio

2.3.3 Suelos

Taxonómicamente los suelos de la región están compuestos según CVGTecmin por:

2.3.3.1 Quartzpisamments

Esta unidad taxonómica se encuentra extendida por el área de estudio, ocupando un bioclimatropófilomicrotérico, por otro lado, estos se formaron a partir de sedimentos de la Formación Mesa y, en menor medida, de rocas metamórficas, especialmente gneises y cuarcitas, así como sedimentos transportados provenientes de la alteración de dichas rocas.

2.3.3.2 Kandiustults

Esta unidad taxonómica presenta un bioclimatropófilomacrotérico. Además la mayoría de los suelos son originados a partir de rocas metamórficas, como la anfibolita, cuarcitas, cuarcitas ferruginosas. De igual forma, gran proporción de estos suelos evolucionan de sedimentos aluviales de la formación mesa y aluvio-coaluviales provenientes de las rocas antes mencionadas, las cuales provienen de la provincia geológica de Imataca.

2.3.3.3 Kanhaplustults

Los suelos de proveniencias de esta unidad taxonómica, se encuentran ampliamente distribuidos en el área, ocupando un bioclimatropófilomacrotérmico. La mayor parte de estos evolucionan a partir de gneises de la provincia geológica de Imataca. Localmente se desarrollan sedimentos aluvio-coaluviales, provenientes de la alteración de dichas rocas y sedimentos antiguos y/o recientes.

2.3.4 Geomorfología

El área está predominada por planicies, que se caracterizan por presentar una superficie plana, peniplanicies y lomeríos, estos últimos, comprenden variaciones que van desde lomeríos altos y muy escarpados hasta lomeríos bajos, que constituyen elevaciones estructurales por rocas precámbricas, las cuales presentan una cierta orientación estructural que dominará en el área o el diaclasamiento que afecta algunas rocas (Figuras 2.5 y 2.6).

Las zonas elevadas o positivas pertenecen a estructuras del Complejo de Imataca. Estas zonas altas consisten en rocas metamórficas como cuarcitas ferruginosas que son más resistentes a la meteorización y las partes bajas son gneis félsicos donde la meteorización es muy notoria.



Figura 2 5: Peniplanicie en el área de estudio.



Figura 2 6: Tabla 2 6: Peniplanicie en el área de estudio.

2.3.5 Geología regional

El escudo de Guayana forma parte del precámbrico del Cratón de Amazónico y del oeste de África y se continúa en las Guayanas y parte Noroeste de Colombia, con unidades litoestratigráficas y litodémicas, que forman diversos terrenos, con metamorfismos y depósitos minerales correlacionables. Este escudo se extiende al sur del río Orinoco y ocupa más del 50% de la superficie de Venezuela (Figura 2.7).

Por otra parte, el Escudo de Guayana al formar parte del Cratón de Amazónico de América del Sur tiene continuidad y correlación con las unidades identificadas en otros países como, Guyana, Suriname, Guyana Francesa y parte Norte y Centro-Norte de Brasil y el Oeste de África. (Mendoza V. 2012).

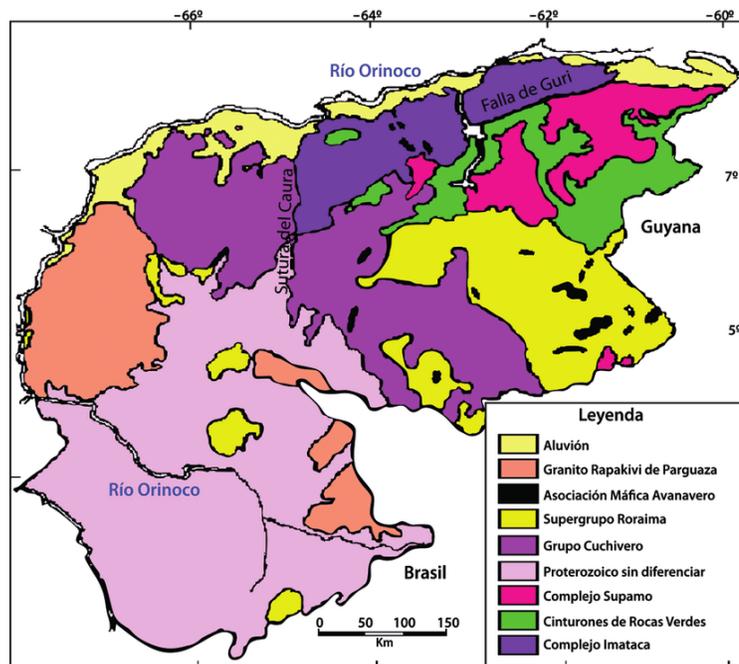


Figura 2 7: Mapa geológico del Escudo de Guayana, con las diversas litologías(Mendoza V., 2012)

El Escudo de Guayana en Venezuela, se compone de las 4 Provincias Geológicas o unidades equivalentes Roraima, Cuchivero, Pastora e Imataca, siendo esta última parte del terreno de estudio y la cual será estudiada más ampliamente.

2.3.5.1 Provincia geológica de Imataca

La Provincia de Imataca se extiende en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección Noroeste-sureste, aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Guri por unos 550 km y 80 Km respectivamente.

Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneis granulíticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas granulíticas máficas y hasta ultramáficas

(15%-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV-TTG gnéissicos (El torno Real Corona).

Además, registra seis o más dominios tectónicos o microterrenos separados entre sí por grandes fallas tipos corrimientos. Internamente el plegamiento es isoclinal con repliegamientos más abiertos. En la parte Norte, los pliegues tienen rumbos Noroeste mientras que en la parte Sur la tendencias dominantes de los pliegues es N 60-70° E. que es la que predominan regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la falla de Guri. (Mendoza 2012).

2.3.5.2 Aluviones del Reciente

Estos sedimentos provienen de la descomposición de las rocas de la provincia de Imataca y la formación Mesa. Estos están constituidos por materiales como cantos, gravas, arena, limo y arcillas provenientes de la meteorización física y química de las rocas de la provincia de Imataca y de la formación Mesa, los cuales fueron arrastrados por aguas de escorrentía, viento y/o ríos de la zona depositados a partir del Holoceno.

Estos presentan espesores que van de algunos metros a decenas de metros, generalmente sueltos y porosos, de colores amarillentos o blanco y de granulometría variable.

2.3.6 Geología local

Tomando como referencia el estudio de la empresa CVGTecmin en 1991, este nos indica que la provincia Geológica de Imataca fue dividida en dos unidades las

cuales enumeraron como 110001, 110002 teniendo como diferencia una de otra la abundancia de cuarcitas ferruginosas.

Además de las unidades de la Provincia de Imataca también se encuentran aluviones del Reciente que fueron numerados con el número 05 y estos se encuentran en contacto deposicional con la Formación Mesa y con las unidades de la Provincia de Imataca, siendo estos depósitos aportes del reciente de los ríos y rios. Esta zona es sometida a inundaciones periódicas en las épocas de lluvia, formándose sedimentos constituidos por, arenas, arcilla, dando origen a suelos arenosos y en algunos casos se encuentran suelos bien evolucionados.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos

Dado que los antecedentes previos a esta investigación son muy escasos se consideran antecedentes de otras zonas de la cuenca de los ríos Orocopiche y Marhuanta cercanos a la zona del río El Diablito, afluente del río Marhuanta, a los fines de obtener información general y sobre la metodología a utilizar.

Castro, E., Núñez, M., (2022), en la tesis “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA- SEDIMENTOLÓGICA DEL RÍO MARHUANTA EN LA CUENCA MEDIA, EN EL SECTOR DEL FUNDO MI CAMPITO, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA” expresan que: En la zona del río Marhuanta en la parte de la cuenca media del sector del fundo Mi Campito, se identificaron 3 unidades estratigráficas, que son rocas del Complejo de Imataca, la Formación Mesa y Sedimentos del Reciente. El Complejo de Imataca se caracteriza por afloramientos rocosos de gneises de grano medio a fino y de grano fino, de colores blancos, negros y rosados, foliados y diaclasados, y con pliegues asociados a fallas. La Formación Mesa se caracteriza por sedimentos arcillosos de colores rojo intenso, con horizontes de gravas y costras ferruginosas, se encuentran los caminos de acceso al río Marhuanta. Los Sedimentos del Reciente se caracterizan por arenas medias a finas, arenas finas, arenas finas a muy finas y limos arenosos, que se encuentran formando barras de meandro y taludes en las márgenes del río y sus afluentes. Estos se encuentran en contacto con las rocas del Complejo de Imataca. Las partículas de las muestras recolectadas en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6,7, 9 y 10, fueron analizadas por el método de Powers; y la muestra de la estación 10, perteneciente al lecho del río Marhuanta, fue analizada por el método de Zingg. Analizando los resultados se obtuvo que en el 60%

de las muestras predominan las partículas subangulosas con valores entre 30-35%, y en el 40% de las muestras predominan las partículas subredondeadas con valores entre 32-40%; las partículas muy angulosas y angulosas se encuentran en segundo orden de abundancia, y la redondeadas son muy pocas. De acuerdo a esto se puede inferir que grado de transporte es moderado, y que la fuente de las partículas no está muy lejana. Usando los valores de los índices de aplanamiento y de achatamientos de las partículas, se ubicaron cada una de las muestras en el diagrama de Zingg para determinar su clasificación morfoscópica. De acuerdo a la figura antes citada se pudo determinar que, de las 15 partículas, 8 son de tipo esfera, 5 discoidales y 2 tipo rodillo; de acuerdo a esto se infiere u al grado de transporte.

Campos D. y Ramírez C. (2022) en trabajo de grado titulado “CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS AL OESTE DE LA RIO CARDOZO, EN EL SECTOR DEL BALNEARIO CANAÁN, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR”, citan: Como resultados se obtuvo que existen tres unidades litológicas como lo son la Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Recientes; las estructuras geológicas asociadas a los afloramientos rocosos son familias de diaclasas, zona de cizallamiento y foliaciones; Los diferentes estratos de suelos presentes en la rio Cardozo según la norma ASTM-D2487-00 fueron clasificados como arenas medias a gruesas, mal gradadas con pocos finos o sin finos, de simbología SP; macroscópicamente los afloramientos rocosos de la rio Cardozo están compuestos por rocas metamórficas, predominantemente gneises graníticos de grano medio a grueso, con textura granoblástica. Pueden presentarse granulitas de textura granoblástica. Los gneises están constituidos mineralógicamente por Mica biotita 30%, Plagioclasa 40%, Cuarzo 15%, Hornblenda 8% y Feldespatos 7%; las granulitas por Plagioclasa 40%, Mica biotita 5%, Hornblenda 35% y Piroxenos 20%; y los gneises monzónicos por Feldespatos 10%, Plagioclasa 30%, Cuarzo 25%, Biotita 5% y Hornblenda 30%. Finalmente en el plano topográfico se aprecia el relieve debido a los desniveles de la

zona, en la cual destacan los afloramientos rocosos; el paso de la rio Cardozo y los sedimentos del Reciente bordeando al rio y a sus afluentes. El mapa geológico – estructural muestra los límites de las tres unidades geológicas presentes en el sector Canaán. Este trabajo se utilizará como referencia en cuanto a la metodología utilizada.

Ramírez L. y Brito M. (2022) en el trabajo de grado titulado “CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR” citan: en los afloramientos se identificaron las rocas como gneis monzogranítico, que son de color blanco a gris oscuro, la textura es de grano fino a medio, con leve foliación. Los minerales principales son feldespatos, cuarzo y plagioclasa, que se presenta con granulometría variada. De las 9 muestras de rocas se identificaron 4 como gneis monzograníticos, 4 granitos (Sienogranitos) y 1 gneis granítico con leve foliación. Los sedimentos depositados en la margen izquierda del río Candelaria son arenas gruesas a finas, con predominio de partículas angulosas y subangulosas. El análisis petrográfico indicó que los gneises monzograníticos, están compuesto con un ~35% de feldespato potásico, cuarzo en ~33%, la plagioclasa ~25% probable tipo oligoclasa-andesina; el Granito (Sienogranito), con cuarzo ~40, feldespato en un ~50 tipo peritita y microclino, la plagioclasa en ~10% con presencia de oligoclasa-andesina; el Gneis granítico, con un ~15 de feldespato potásico, tipo microclino y mesoperitita, cuarzo en ~40% y plagioclasa, con un ~45%, tipo antiperitita y tipo albita. En el Diagrama de Roseta, se determinó que existen un sistema de diaclasas ortogonales y 3 sistemas de diaclasas conjugadas; conformados por 5 familias de diaclasas, una de azimut entre 280°-310°, la cual es la predominante. Según el mapa geológico, se encuentran Sedimentos del Recientes cubren <1% del área, suelos residuales, más del 35% y rocas del Complejo de Imataca que abarca más del 60%. Este trabajo se utilizará como referencia en cuanto a la metodología utilizada.

Luces Francia y Mora Víctor (2023) en el trabajo de grado titulado “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS SITUADOS EN LAS CABECERAS DE LA RIOLAS TINAJITAS, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, PARROQUIA MARHUANTA, ESTADOBOLÍVAR, VENEZUELA”, citan: En este proyecto se planteó una metodología del tipo exploratorio-descriptivo incluyendo un diseño de campo, lo cual se desarrolló de la siguiente manera: desde una etapa de planificación, donde se seleccionó el área de estudio, lo cual procedió a la recopilación de información del área mediante mapas, trabajos de grado, entre otros. Posteriormente, una etapa de campo en la cual se realizó una delimitación del área, la recolección de ocho (8) muestras de roca, la medición y clasificación de las estructuras geológicas encontradas; una etapa de laboratorio en la cual se realizó un análisis petrográfico de forma macroscópica a las muestras de rocas recolectadas, la determinación de la dirección de los esfuerzos que dieron origen a las estructuras utilizando el diagrama de rosas y la representación de las unidades rocosas y estructuras presentes en la zona de estudio en un mapa geológico utilizando el programa Global Mapper 20. Como resultados se obtuvo que existen tres unidades litológicas como lo son la Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Reciente; las rocas encontradas se clasificaron como: Gneises Cuarzo Feldespáticos de color beige claro con algunos tonos negros de textura bandeada con granos alargados de medio a fino, constituido mineralógicamente por Feldespato 35%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 25% y Biotita 5% aproximadamente; Gneises Biotíticos Cuaríferos color blanco grisáceo con tonos gris y verde oscuro de textura granoblástica a gnéisica, constituido mineralógicamente por de Plagioclasa 30%, cristales lenticulares de Mica biotita 30%, Cuarzo 30%, minerales accesorios como Feldespatos en una textura entrelazada con los cristales de cuarzo y Anfíboles en un 10% aproximadamente; Cuarcitas ferruginosas color marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento, Cuarcitas ferruginosas color marrón grisáceo con abundante óxido de hierro, Cuarcitas ferruginosas color ocre grisáceo y Cuarcitas ferruginosas color pardo rojizo con

tonalidades rojovioláceo, la cuarcitas están constituidas mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, donde los cristales de cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Además, algunas zonas presentan abundantes bloques y fragmentos de cuarzos producto de la meteorización de diques y sills intrusionados en las rocas debido a los distintos agentes atmosféricos. Se identificaron tres sistemas de diaclasas conjugadas conformados por 3 familias de diaclasas con azimut entre 304° - 340° en la estación 1, de 285° y 327° en la estación 3 y 275° - 311° en la estación 6. Además, dos diaclasas subparalelas con azimut entre 328° - 335° en la estación 8. Mediante el Diagrama de Roseta se concluyó que los esfuerzos que las originaron tienen una predominancia de dirección NE-SW. Este trabajo se utilizará como referencia en cuanto a la metodología utilizada.

Antillano O, Daniel S. (2023) en el trabajo de grado titulado “CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LA RIO LAS TINAJITAS, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.”, cita: que es una investigación exploratoria y descriptiva con la realización de un trabajo de campo del área para estudiar los sedimentos su textura, los parámetros estadísticos, morfoscopia y mecanismos de transporte. En el trabajo de campo, se reconocieron y levantaron los cuerpos sedimentarios y con la toma e identificación de las muestras. En oficina, se organizaron los datos y se realizaron los análisis granulométricos por el método mecánico con los tamices 8, 10, 18, 35, 60, 120, 200 y PAN y los morfoscópicos por los métodos de Powers y Zingg, se digitalizaron las columnas sedimentológicas, posteriormente se interpretaron y digitalizaron los resultados de los análisis para llevar a cabo los análisis estadísticos y la interpretación de los mecanismos de transporte por el método de Visher, y se digitalizo el mapa geológico del área. Estos análisis dieron como resultados que los sedimentos de acuerdo a la escala de Udden-Wentworth, indica la presencia de arenas muy finas limo-arcillosas en el talud de la llanura de inundación, arenas muy gruesas gravosas a medias en el cauce y arenas gruesas a muy finas en las barras del canal; según el método de

Powers, las partículas de los sedimentos presentan 17,73% al 30,29% angulosas, del 26,83% al 29,47% subangulosas, del 25% al 33,50% subredondeadas, del 16,35% al 19,70% redondeadas y del 1,44% al 3,45% muy redondeadas, y por el método de Zingg de las 4 muestras de gravas, con un total de 31 partículas, 12 son de forma discoidal, 11 de esfera, 2 elipsoidales y 6 de rodillo. De acuerdo a los parámetros estadísticos de los sedimentos de 12 muestras se obtuvo que presentan un sesgo muy simétrico positivo, una curtosis muy platicúrtica, buena uniformidad y una mala selección. Que se puede concluir que poseen una maduración textural media la cual es característica de un río han tenido muy poco transporte, el cual de manera mayoritaria ha sido por saltación, las cuales su simetría tiende a ser positiva hacia las partículas finas, con una buena uniformidad pero una pobre selección. Este trabajo se utilizará como referencia en cuanto a la metodología utilizada.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Rocas metamórficas

Son un tipo de roca que se genera gracias a rocas ya existentes, tanto sedimentarias, como ígneas e incluso otras metamórficas. Al sufrir un aumento de temperatura y de presión por procesos geológicos tales como enterramiento o intrusión de magmas, sufren cambios tanto en sus minerales como en su formación a nivel químico. Hay que tener en cuenta que esta modificación siempre se produce a partir de otras rocas sólidas (Méndez Baahamonde, J., 2006).

Al formarse debido en parte a altas temperaturas, este tipo de rocas suelen encontrarse de forma abundante en zonas profundas de la corteza, en aquellas franjas superiores al zócalo magmático. La formación de las rocas metamórficas puede ser por la suma de las altas temperaturas de esta capa terrestre y las presiones litoestática (es decir, la presión de las capas de rocas superiores). Sin embargo, también pueden

originarse gracias a procesos tectónicos, que generan presiones horizontales o fricción, e incluso por el llamado metamorfismo de contacto, que comentaremos a continuación (Méndez, Baahamonde J., 2006).

La mayoría de las rocas metamórficas se caracterizan porque presentan una laminación de sus minerales debido a la presión con la que se forman. Esta característica se denomina foliación y permite hacer una clasificación de las rocas metamórficas según su forma (Méndez, Baahamonde J., 2006).

Gracias a las rocas metamórficas, al igual que otros tipos de rocas, podemos saber cómo se fueron conformando las distintas partes de la tierra, es decir, los procesos geológicos y su variación a lo largo del tiempo (Méndez, Baahamonde J., 2006).

3.2.2 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas

La nomenclatura recomendada por la Subcomisión para 1ª 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, gneis 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 plagioclasas, no podría llamarse anfibolita sino esquisto anfibólico (Castro, 2015) (Figura 3.1).

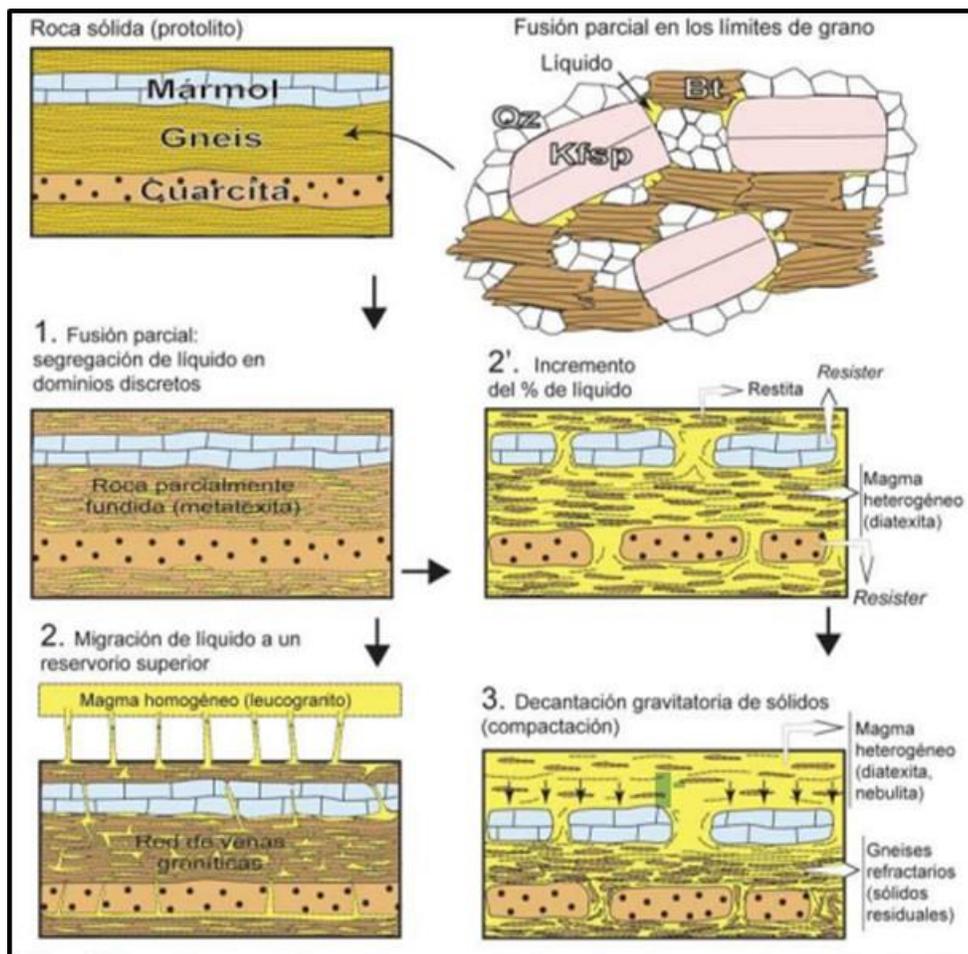


Figura 3 1: Formación de roca metamórfica (Migmatita), basada en relaciones de campo y el estudio de la reología de los procesos de segregación de fundido. Castro A., (2015)

3.2.3 Clasificación de las rocas metamórficas basada en criterios de composición, estructura y grado de metamorfismo

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 (Castro, 2015).

3.2.4 Texturas metamórficas

El termino textura se utiliza para describir el tamaño, la forma y la distribución de las partículas que constituyen una roca. Las rocas metamórficas en general muestran alguna clase de orientación preferente en las que los granos minerales presentan un alineamiento paralelo a subparalelo (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.2.5 Texturas foliadas

Existen varios tipos de foliación, dependiendo del grado de metamorfismo y de la mineralogía de la roca original. Consideraremos tres de ellos: pizarrosidad, esquistosidad y bandeado gnéisico (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.2.5.1 Pizarrosidad (slaty cleavage)

El término pizarrosidad se refiere a las superficies planares muy juntas a lo largo de las cuales las rocas se separan en capas delgadas y tabulares cuando se las golpea con un martillo. La pizarrosidad aparece en varias rocas metamórficas pero se observa mejor en las pizarras que exhiben una propiedad de separación excelente, denominada clivaje (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.2.5.2 Esquistosidad

Bajo regímenes de presión y temperatura más extremos, los pequeños granos de mica y clorita de las pizarras empiezan a crecer mucho. Cuando estos minerales planares crecen lo bastante como para poder observarse a simple vista y exhiben una estructura planar o laminar, se dice que la roca muestra un tipo de foliación llamada esquistosidad. Las rocas con esta textura se denominan esquistos. Además de los minerales planares, el esquisto suele contener partículas deformadas de cuarzo y feldespato que aparecen como granos planos o en forma de lente escondidos entre los granos de mica (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.2.5.3 Bandeado gnéisico

Durante el metamorfismo de grado alto, las migraciones iónicas pueden provocar la segregación de los minerales, como se muestra en la Figura 3.2. Obsérvese que los cristales oscuros de biotita y los silicatos claros (cuarzo y feldespato) están separados, dando a la roca un aspecto bandeado, conocido como bandeado gnéisico o foliación. Las rocas metamórficas con este tipo de texturas se denominan gneises. Aunque son

foliados, los gneises no se separarán en planos con tanta facilidad como las pizarras y algunos esquistos. Los gneises que sí se lajan tienden a romperse en una dirección paralela a su foliación y muestran superficies ricas en mica parecidas al esquisto (Tarbuck, Lutgens.2005) (Figura 3.2).



Figura 3 2: Muestra de roca con textura félsica.
(Tarbuck, Lutgens.2005)

3.2.6 Boudinage

El boudinage es un fenómeno en el que. Como consecuencia de un estiramiento, cuerpos de litología rígida quedan aislados, en forma de lentes (boudins), dentro de una matriz dúctil (Van der Plujim y Marshak, 2004). El plegamiento por flexión ocurre porque la matriz dúctil se dobla para rellenar el espacio dejado por los boudins (Figura 3.3).

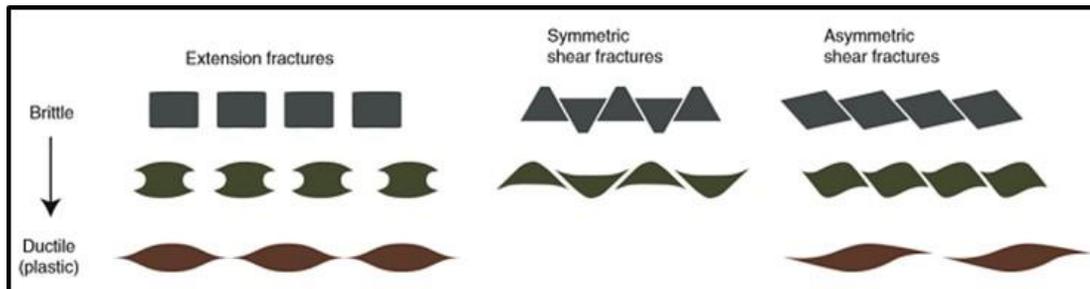


Figura 3 3: Geometría de los boudins. Fossen, H. (2010)

3.2.7 Fallas, zonas de fallas y zonas de cizallas

Existen tres conceptos fundamentales relacionados entre sí: falla, zona de falla y zona de cizalla (McClay, 1987; Davis y Reynolds, 1996 en [Oyarzun R. y Doblas M., 2023](#)), utilizados a veces de manera indistinta y de manera incorrecta.

Una falla es por definición una fractura frágil a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento visible, en general paralelo a la superficie de la misma. Por su parte una zona de falla se encuentra compuesta por innumerables superficies de falla frágiles, subparalelas e interconectadas, estrechamente espaciadas conteniendo zonas de brecha o faultgouge.

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

La zona de cizalla corresponde a una ancha zona de deformación generada bajo condiciones dúctiles a dúctiles-frágiles. Digamos además que una zona de cizalla grada

hacia arriba hacia una zona de falla. Las rocas son deformadas frágilmente en los niveles superiores de la corteza terrestre y dúctilmente en lo inferiores. La profundidad a la que la deformación pasa de frágil a dúctil es conocida como la transición dúctil-frágil y generalmente se encuentra a unos 10-15 km bajo la superficie (Sibson, 1990 [en Oyarzun R. y Doblas M., 2023](#)).

En dicha transición se desarrollan ambos tipos de deformación, mientras que por encima o por debajo la importancia relativa de una de estas disminuye progresivamente. De cualquier manera los 10-15 km antes mencionados deben ser solamente considerados como un referente general solamente, ya que zonas de deformación dúctil pueden desarrollarse a profundidades menores bajo condiciones de un gradiente geotérmico anómalmente alto (magmatismo activo, actividad hidrotermal de alta T generalizada, etc), y también pueden darse deformaciones frágiles en profundidad como respuesta a movimientos sísmicos bruscos.

3.2.8 Diaclasas

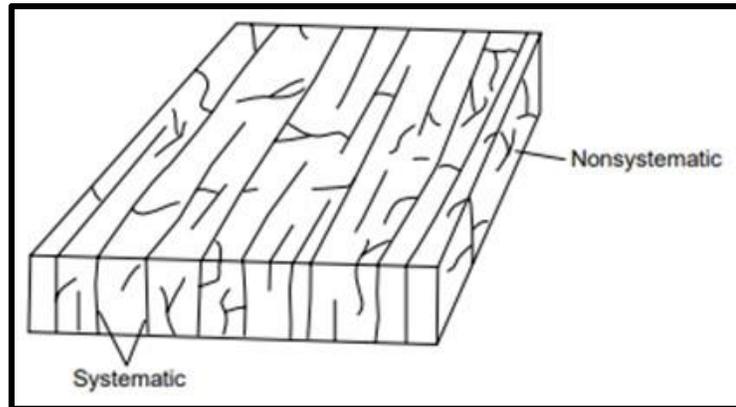


Figura 3 4: Representación de diaclasas no sistematicas y sistema de diaclasas. Van der Plujim y Marshak. (2004)

Una diaclasa se define en términos generales, como una fractura natural en la roca a lo largo de la cual no hay un desplazamiento de cizalla medible (desplazamiento paralelo al plano de la fractura). Van der Plujim y Marshak. (2004) (Figura 3.4).

El origen más aceptado para la formación de las diaclasas tectónicas establece que estas se abren perpendicularmente al esfuerzo principal mínimo $-\sigma_3-$ sobre el plano que contiene a los esfuerzos principales máximos $-\sigma_1-$ y medio $-\sigma_2-$ siendo la dirección de mayor elongación paralela al esfuerzo principal máximo (σ_1) (Fossen H., 2010).

3.2.9 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 3.5ay figura 3.5b) (Fossen, 2010).

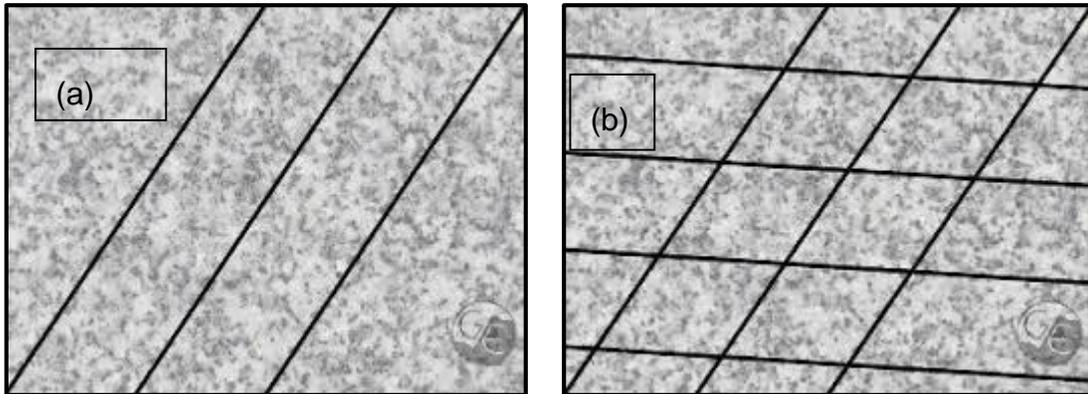


Figura 3 5: a) Formación de una familia de diaclasas, b) formación de dos familias de diaclasas. (Fossen, 2010)

3.2.9.1 Sistemas 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.

3.2.10 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).

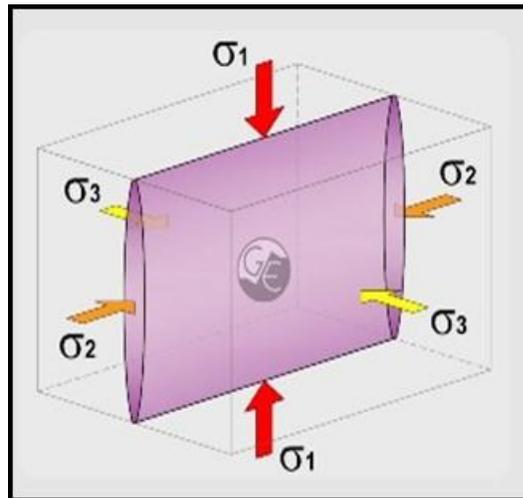


Figura 3 6: Esfuerzos principales en diaclasas tectónicas (Fossen H., 2010)

3.2.11 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.

3.2.11.1 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 Plujim y Marshak, 2004).

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.

3.2.11.2 Diaclasas y pliegues

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

1. Fracturas de cizalla, formadas a aproximadamente 30° con respecto al plano definido por σ_1 y σ_3 que forman entre sí 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 σ_3 σ_2 .
3. Fracturas compresivas asociadas a la construcción en el núcleo del pliegue, generalmente son conjugadas formando 30° con respecto al plano definido por σ_3 σ_2 (Twiss y Moores, 2007).

3.2.11.3 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. H., 2010).

3.2.11.4 Zona 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).

3.2.12 Diagrama de rosas

Es un histograma circular que muestra los datos de dirección y la frecuencia de cada clase. En geología estructural los diagramas de rosa se utilizan para trazar la orientación de las diaclasas, fallas, lineaciones y los diques. Una roseta de diaclasas es un histograma de forma redonda 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. 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 a un rango se encuentra en el eje desde el centro como 0%, y hacia al margen como 100% (Figura 3.6) (Wolfgang, G., 2001).

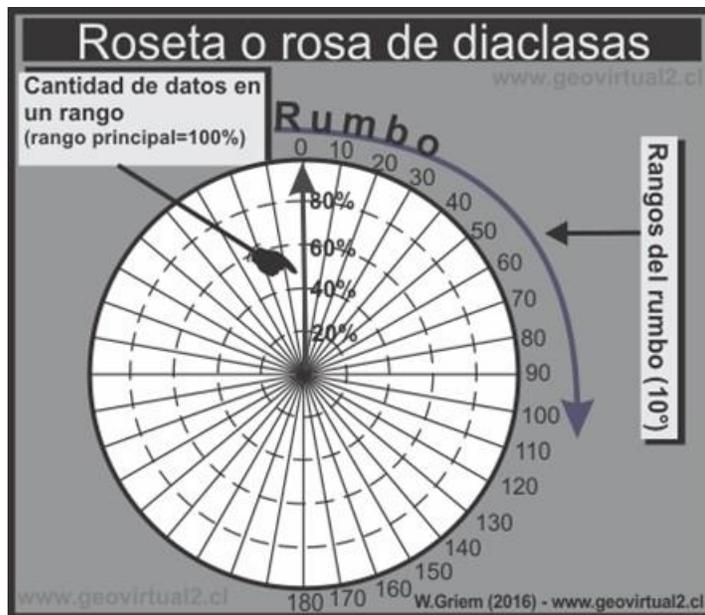


Figura 3 7: Diagrama de rosas. Wolfgang (2010).

3.2.8 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 3.7) (Jiménez Sebastián, 2016).

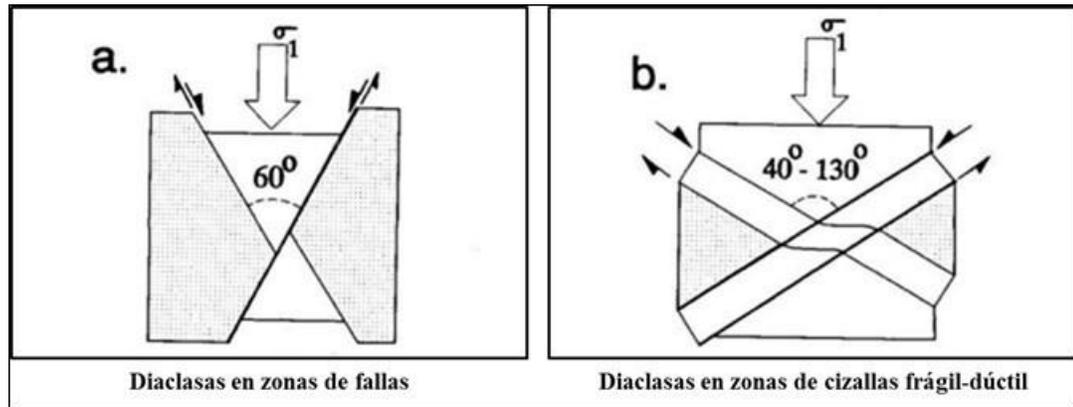


Figura 3 8: Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez Sebastián, 2016)

En la figura 3.8 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 3.9).

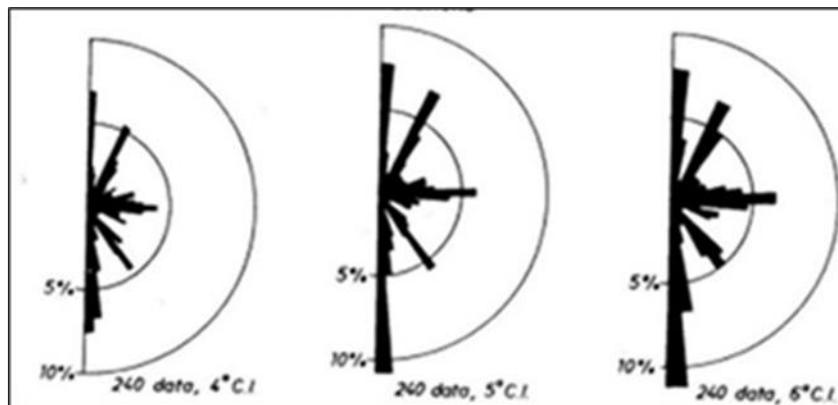


Figura 3 9: Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez Sebastián, 2016)

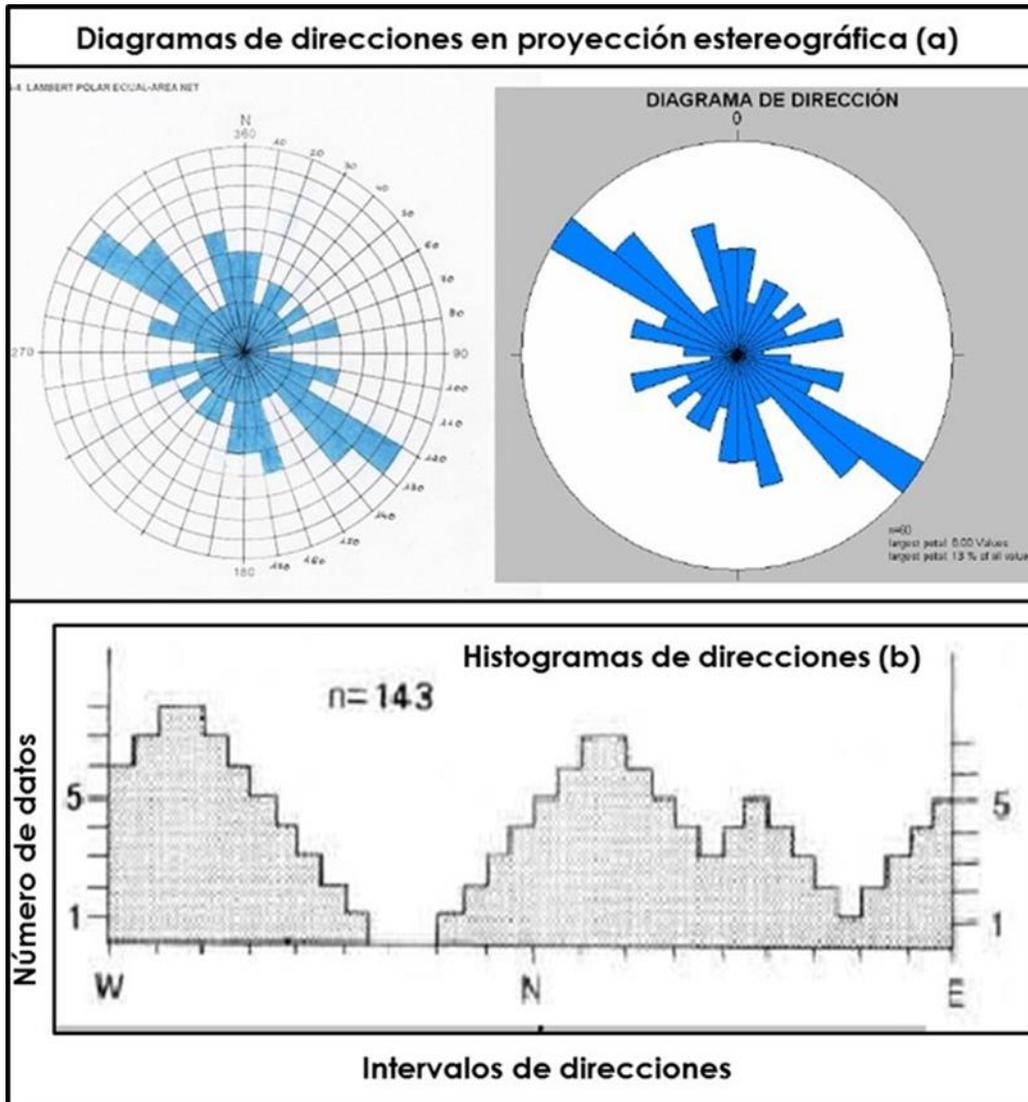


Figura 3 10: Representación de frecuencias de orientaciones de diaclisas (Pérez, 2023)

3.2.13 Análisis granulométrico

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños

se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material. (Universidad Centroamericana)

Los análisis granulométricos son expresados en forma de la curva llamada “Curva Granulométrica”, esta curva se hace para comparar la distribución de los tamaños de granos presentes en el suelo, para realizar estas curvas es necesario utilizar representaciones logarítmicas para los tamaños de las partículas. Las curvas granulométricas representan el porcentaje acumulado de material que pasa por los diferentes tamices (Pettijohn, 1976).

3.2.14 Grado de redondez

Pettijohn, F. en 1976 definió cinco grados de redondez de Powers: angular, subangular, subredondeado, redondeado y bien redondeado las cuales serán definidas a continuación (Figura 3.10):

3.2.14.1 Angular

Poco o nada de evidencia de desgaste, las aristas y los vértices son agudos.

3.2.14.2 Subangular

Efectos típicos del desgaste. Los fragmentos mantienen todavía su forma primitiva y las caras están virtualmente intactas; pero las aristas y los vértices han sido

redondeados en cierto grado. Los vértices secundarios son numerosos, pero menos que en los angulosos

3.2.14.3 Sub-redondeado

Considerable desgaste. Las aristas y vértices están redondeados en curvas suaves y la superficie de las caras primitivas se encuentra bastante reducida, pero se mantienen todavía la forma primitiva del grano. Vértices secundarios muy redondeados y en número reducido.

3.2.14.4 Redondeado

Caras originales completamente destruidas, pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias. Vértices secundarios muy suavizados y escasos.

3.2.14.5 Bienredondeado

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

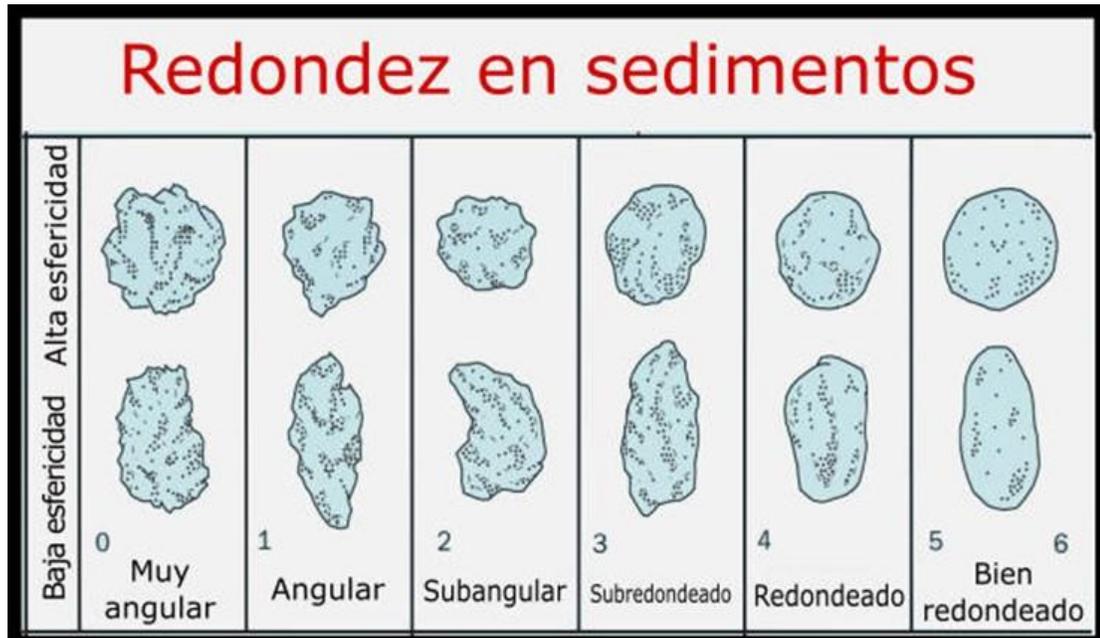


Figura 3 11: Grado de redondez de los sedimentos. Maldonado, Y. (2021)

3.2.15 Escala Wentworth-Udden

Es una escala adoptada internacionalmente para la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias. Fue propuesta en 1922 por C.K. Wentworth, basándose en la anterior escala de J.A. Udden de 1898. Parte de 1 mm y dividiendo o multiplicando por 2, en sentido decreciente o creciente de tamaño respectivamente, se definen los límites de diámetro de cada clase, desde partículas de tamaño arcilla (diámetro menor de 1/256 mm) a bloques (diámetro mayor de 256 mm) (Wentworth, 1922).

3.2.16 Morfoscopia de los sedimentos

Se han realizado numerosos intentos para definir la forma de las partículas sedimentarias y estudiar los factores que intervienen en la forma de los granos. La forma de los clastos está controlada, tanto por el tipo de roca madre original, como por su historia geológica subsecuente. Mientras que las rocas como la lutita y el esquistos originan partículas de formas tabulares u oblongas, rocas isotrópicas como la cuarcita y el granito producen partículas de formas subesféricas u ovaladas (Selley, 1976). Para describir el aspecto geométrico de una partícula (forma, esfericidad y redondez) es necesario utilizar diversas relaciones geométricas.

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Rumbo

Es el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida mediante la intersección de un estrato inclinado, o falla, con un plano horizontal. La dirección, o rumbo, se suele expresar como el valor de un ángulo en relación con el norte (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005).

3.3.2 Buzamiento

Inclinación de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. Se mide perpendicularmente a la dirección. Los términos buzamiento y dirección se aplican a cualquier estructura plana y ambos valores juntos establecen la orientación del plano en el espacio. El rasgo plano más frecuente en muchas regiones es el plano de estratificación; también es el plano del que más se suele tratar al iniciar los estudios de geología estructural. Otros planos estructurales son exfoliación, esquistosidad y juntas o diaclasas (Ragan, D., 1987).

3.3.3 Sills

Es una masa tabular de roca ígnea, con frecuencia horizontal, que ha instruido lateralmente entre dos capas antiguas de roca sedimentaria, capaz de lava volcánica o toba volcánica, o a favor de la foliación en rocas metamórficas (Mattauer, Maurice 1973).

3.3.4 Diques

Son extensiones tabulares verticales o fuertemente inclinadas que atraviesan las rocas encajantes (Mattauer, Maurice, 1973).

3.3.5 Fractura

Discontinuidad planar o subplanar que se desarrolla en la roca cuando su límite de elasticidad es superado como consecuencia de la aplicación de un esfuerzo (Fossen H., 2010).

3.3.6 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).

3.3.7 Textura y estructura de la roca

La textura de una roca viene definida por la forma y las dimensiones de los componentes de dicha roca y por las relaciones entre éstos, mientras que la estructura se define por las características a gran escala como consecuencia de su historia geológica, es decir, las distintas deformaciones que ha experimentado la roca hasta llegar a su aspecto actual, existe una convención en la que el término estructura se usa para definir las características de los componentes de la roca, mientras que con el término textura se entiende la disposición espacial de una roca en función de las deformaciones experimentadas ((Méndez, Baahamonde J., 2006).

3.3.8 Tipos de rocas metamórficas

A partir de los criterios de tipo y grado de metamorfismo, texturas, estructuras, fábricas y composición de la roca original, se pueden clasificar las rocas metamórficas. Las más comunes son gneis, anfibolita y cuarcita (Bard, P.J., 1985).

3.3.9 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).

3.3.10 Anfibolita

Rocas compuestas esencialmente por anfíboles (en general hornblenda) y Plagioclasas de composición variable. La esquistosidad no suele estar muy desarrollada, aunque los prismas de anfíbol suelen estar orientados linealmente (lo Cual genera lineación). Proceden en su mayoría de rocas ígneas básicas (orto anfibolitas) y margas (para anfibolita) (Bard, P.J., 1985).

3.3.11 Cuarcita

Roca de grano medio a fino, constituida esencialmente por cuarzo (más del 80%) y algo de micas y/o feldespatos. Las cuarcitas derivan de rocas sedimentarias Detríticas ricas en cuarzo (areniscas cuarcíticas) con las que no deben confundirse.

Son rocas masivas o bandeadas, sin foliación marcada y textura granoblástica deformada o no (Bard, P.J., 1985).

3.3.12 Migmatita

Es una roca metamórfica formada por anatexis 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 fusión parcial o anatexis ocurre en facies de anfibolita superior a granulita, y el incremento de temperatura se genera a través de reacciones de descomposición de minerales hidratados (Geotecniafacil.com, 2023)

Las distintivas bandas claras y oscuras (similares a las que se ven en gneis) así como el plegamiento que se encuentra comúnmente en esta roca es el resultado de la fusión parcial, así como del metamorfismo y la deformación de alto grado.

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).

3.3.13 Pegmatita

Las pegmatitas se definen como rocas ígneas de grano variable pero generalmente muy grueso, usualmente de composición granítica. La textura pegmatítica se refiere a rocas cuarzo-feldespáticas de grano muy grueso. El tamaño de los grandes cristales indica “baja relación de nucleación” en un ambiente que conduce a la formación de grandes cristales. Este ambiente corresponde a estadios tardíos de magmas graníticos, ricos en agua, durante el cual evolucionan en fracturas dilatadas o en alguna estructura favorable de la cámara magmática. También pueden ser de composiciones granodioríticas, tonalíticas, sieníticas, gábricas y tienden a estar enriquecidos en elementos raros (Toselli Alejandro J., 2010).

La mayor parte de las pegmatitas son mineralógica y químicamente similares al granito, pues sus componentes principales son cuarzo, microclino y plagioclasa sódica, junto a micas y minerales accesorios, que pueden tener importancia económica como, turmalina, apatito, titanita, monacita, circón, fluorita, etc. Los equivalentes pegmatíticos de los gabros y dioritas, están formados principalmente por hornblenda y plagioclasa, son mucho más raras (Toselli Alejandro J., 2010).

Generalmente constituyen enjambres de diques, filones o lentes, de desarrollo tardío, dentro de los plutones granitoides o en sus bordes; o asimismo constituyen complejos migmatíticos de desarrollo regional. En general se presentan en masas de pequeño tamaño. Las masas individuales varían desde pocos centímetros hasta decenas de metros. También son conocidas masas mayores, que en algunos casos llegan a medir kilómetros de longitud y centenares de metros de espesor (Toselli Alejandro J., 2010).

Las pegmatitas con cuarzo libre, se dividen en dos clases: A) Las pegmatitas simples formadas por cuarzo, feldespatos alcalinos, microclino y cantidades variables de plagioclasa sódica y micas. La asociación mineral es simple y los minerales accesorios son escasos o están ausentes (como en los granitos). Las aplitas están caracterizadas por una fábrica de grano fino constituida por minerales generalmente anhedrales a subhedrales, formando típicamente delgados diques de desarrollo tardío, dentro de los plutones graníticos y en su roca de caja. B) Las pegmatitas complejas contienen, además de cuarzo, feldespatos y micas, minerales raros en considerable abundancia y variedad como: lepidolita, espodumeno, turmalina, topacio, casiterita, berilo, tantalita, columbita, zircón, uraninita, torita, apatito, ambligonita, etc (Toselli Alejandro J., 2010).

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).

3.3.14 Granulita

Roca metamórfica de Textura maciza, granoblástica, raramente orientada, mineralógicamente contiene ortopiroxeno, cuarzo, plagioclasa, granate, feldespato alcalino, cianita, alto contenido en piroxeno, dióxido o hiperstena, de grano grueso, puede ser bandeada, pero no esquistosa; asociada a presión y temperatura alta (Geoaprendo, 2014). Las granulitas en sentido estricto se definen como rocas cuyo protolito era una roca básica, en este caso se podría considerar a este protolito como un gabro, y que ha sufrido un proceso metamórfico a unas condiciones de grado metamórfico alto, 500 a 700 °C .

Las granulitas se clasifican como un tipo de roca metamórfica, específicamente dentro de la categoría metamórfica de alto grado. Se caracterizan por su textura de grano fino y la presencia de minerales que han sufrido una recristalización, dando como resultado el desarrollo de texturas granulares. Los minerales en las granulitas a menudo exhiben formas cristalinas distintas y pueden mostrar una orientación preferida. La clasificación de las granulitas se basa en el conjunto y composición de minerales (Geologyscience, 2023).

Algunos tipos comunes de granulitas incluyen (Geologyscience, 2023).

1. Granulita de ortopiroxeno: Dominado por el ortopiroxeno, con otros minerales como el granate y biotita.
2. Granulita de piroxeno: Contiene piroxeno como mineral dominante, junto con otros minerales como plagioclasa y granate.
3. Hornblenda Granulita: Dominado por hornblenda (anfíbol), a menudo con plagioclasa y granate.
4. granito Granulita: Contiene una importante cantidad de feldespato, además de otros minerales como cuarzo y biotita.

3.3.15 Protolito

Se refiere a la roca original anterior al metamorfismo. En un metamorfismo de bajo grado donde la textura original es preservada, el protolito es fácilmente reconocible. Al aumentar el grado de metamorfismo y cambiar la textura, así como la Composición química, es más difícil determinar el protolito (Méndez, J., 2006).

3.3.16 Afloramiento

Lugar donde asoma a la superficie del terreno un mineral o una masa rocosa que se encuentra en el subsuelo, por extensión es la zona donde una determinada roca o unidad aparece representada en un mapa geológico (Universidad de Granada, 2020).

3.3.17 Mapa geológico

En un mapa geológico se representan los elementos geológicos, debidamente simbolizados

Desde un punto de vista formal, un mapa geológico es un documento cartográfico en el cual se ha proyectado, sobre un plano horizontal, información en cuatro dimensiones: las tres dimensiones del espacio ordinario, a las cuales se añade el tiempo geológico. Es importante remarcar que la coordenada Z (vertical) no se refiere sólo a la elevación topográfica, sino también a la columna de rocas que se puede encontrar por debajo de un punto determinado, y también a los materiales que lo recubrían y que han sido erosionados.

En un mapa geológico se representan los elementos geológicos, convenientemente simbolizados: las unidades cartográficas con los epígrafes que las identifican, los contactos entre éstas y los datos puntuales, y también otros elementos correspondientes a líneas o a superficies geológicas (Instituto Geológico de Cataluña, 2010).

Las unidades cartográficas son los elementos esenciales de un mapa geológico. Una unidad cartográfica es la representación de un volumen de roca con una litología o asociación litológica constante, de una edad determinada, limitada por superficies que lo ponen en contacto con los cuerpos de roca adyacentes. Se puede reconocer sobre el terreno y se puede diferenciar de las unidades cartográficas con las que se encuentra en contacto, Con frecuencia, las unidades de rocas sedimentarias se denominan Formaciones (Fm.) si han sido definidas formalmente en un lugar concreto o localidad tipo (p.e. Fm. Calizas de Girona, Fm. Conglomerados de Montserrat). En el mapa geológico se representa el área de intersección entre estos volúmenes rocosos y la superficie topográfica (Instituto Geológico de Cataluña, 2010).

3.3.18 Estructuras sedimentarias

Son estructuras formadas por medios físicos, químicos o biológicos en los sedimentos y rocas sedimentarias durante o después de la depositación.

Las estructuras sedimentarias se pueden dividir en primarias y secundarias. Las estructuras primarias, resultan principalmente de los procesos físicos, y se originan en el momento de la depositación o muy poco tiempo después de esta. Algunos autores extienden el tiempo a un lapso breve después de la consolidación del sedimento. Las estructuras secundarias son las formadas por procesos tectónicos, como pliegues y carga diferencial, así como los químicos, los cuales, por medio de diagénesis, forman concreciones, nódulos, etc.

Las estructuras sedimentarias nos permiten determinar el tope y la base de los sedimentos o rocas, la dirección de la corriente e intensidad de la misma, las paleopropiedades y características fisicoquímicas por los cambios diagenéticos originados (Méndez Baamonde, 2006).

Las estructuras sedimentarias son particularmente importantes, ya que reflejan las condiciones hidrodinámicas al tiempo de la deposición, por ejemplo, energía y tipo de corriente. Ellas constituyen un elemento importante en las facies de una unidad sedimentaria y conducen a una mejor definición del ambiente deposicional (Strahler, A. 1989).

3.3.19 Estratificación paralela

Se define como una superficie compuesta por láminas paralelas tabulares, horizontales o ligeramente inclinadas. Esta variedad de estratificación presenta el tipo de régimen de transporte en el fondo, consecuencia de un ambiente torrencial (Krumbein y Sloss, 1.969 en Pettijohn F. 1.976).

3.3.20 Estratificación laminar

Las laminaciones, son las unidades más pequeñas de estratificación. Son en algunos casos, unidades delgadísimas (milimétricas) pero en otras, transitorias o pequeñas fluctuaciones casuales, en la velocidad de la corriente de deposición las laminaciones son muy características de los sedimentos de grano muy fino, en especial de los limos finos y de las arcillas (Pettijohn F., 1976).

Aparecen como una alternancia más o menos distinta, de materiales que difieren entre sí en tamaño de grano, o en composición, por lo general, varían entre 0,05 y 1,0 mm de espesor y pueden ser continuas y distintas, o discontinuas e indistintas. Ejemplos de laminaciones son las formadas por alternancias de partículas gruesas y finas como son limos e incluso arena fina y arcilla (Pettijohn F., 1976).

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

Existen numerosos puntos de vista para la clasificación de las investigaciones y de los diseños utilizados en la práctica. Así pues:

Según el propósito, la investigación podrá clasificarse como pura o aplicada. Esta investigación es aplicada porque busca la obtención de un nuevo conocimiento técnico con aplicación inmediata a un problema determinado (Sabino, 1992). En este proyecto se busca comprender las características litológicas y estructurales y asociarlas a una unidad estratigráfica tales como complejos geológicos o formación geológica.

Según el nivel del conocimiento o momento de la investigación de la situación planteada esta podría clasificarse en: exploratoria, descriptiva, explicativa, analítica, predictiva, comparativa, evaluativa y proyecto factible.

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

Tal como se viene expresando anteriormente, el diseño es documental, puesto que se apoya en todas aquellas referencias bibliográficas de cualquier especie como la consulta de libros, informes técnicos, artículos, ensayos, revistas entre otros documentos.

Arias, F. (2016) considera que “La investigación documental” es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

El mismo autor sostiene que “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.

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 fijo como población de la investigación todas las características pertenecientes a los afloramientos y sedimentos de la rio El Diablito, que es afluente del río Marhuanta.

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 fueron de 10 muestras de sedimentos y 8 de rocas, para un total de 18 muestras.

4.4 Técnicas de recolección de datos e instrumentos de recolección

Las técnicas de recolección de datos son el conjunto de reglas y procedimientos que permiten al investigador establecer la relación con el objeto o sujeto de la investigación, es decir el cómo.

4.4.1.1 Procedimientos de campo

Consta de 2 etapas:

1. Reconocimiento del área a través de caminatas expeditivas para la ubicación de las estaciones en el área de estudio, específicamente ubicada en el sector de la rio El Diablito, afluente del río Marhuanta, Municipio Bolivariano Angostura, estado Bolívar, Venezuela, con la toma de fotografías del paisaje y de detalles del área.

2. Levantamiento de campo a través de caminatas, para obtener datos de la geología, geomorfología, descripción de afloramientos y recolección de datos de las estructuras geológicas asociados a ellos, y la descripción de la rio El Diablito y recolección de muestras de sedimentos de ella; y toma de fotografías de los detalles de

la zona, de los afloramientos, de las estructuras y de la río.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se tienen proyectados a utilizar en el desarrollo de la investigación propuesta son los siguientes:

4.4.2.1 En el trabajo de campo

Se utilizaron los siguientes instrumentos (Figura 4.1):

1. GPS (Garmin MAP 76CS).
2. Brújula geológica (Brunton).
3. Mandarria
4. Lupa de Geólogo10X.
5. Mapa topográfico del área de estudio a escala 1:100. 000.
6. Teléfono inteligente con cámara
7. Libreta de campo
8. Marcadores para identificar las muestras.
9. Escalímetro.



Figura 4 1: Equipos utilizados en campo para la recolección de muestras

4.5 Técnicas de la ingeniería a utilizar

4.5.1 Recopilación de información cartográfica de la zona a estudiar

Para ello se debe tener el área seleccionada, que permita buscar la cartografía del área y las imágenes satelitales de Google Earth y así ubicar la zona y establecer las rutas de acceso.

4.5.2 Recopilación de información bibliográfica

Recopilación y revisión de material bibliográfico de la zona de estudio: Tesis de Grado, libros, Congresos, Informes, Boletines, Seminarios.

4.5.3 Inspección de campo

La ejecución de las labores de campo implica realizar, la ubicación de las estaciones en los afloramientos de rocas a describir y ubicarlos a través de la obtención de las coordenadas usando un navegador tipo GPS.

4.5.4 Chequeo de campo

En esta etapa se recopiló y analizó toda la información necesaria sobre la zona de estudio, que permita su posterior comprobación en campo. Entre estas actividades se encuentran:

1. En esta etapa se realizó el levantamiento de campo con el fin de obtener datos se las estructuras asociadas a las rocas, tales como el rumbo y buzamiento, tipo de estructuras, observaciones y mediciones que permitan posteriormente elaborar un mapa geológico; también se recolectarán muestras de rocas, las cuales serán etiquetadas y fotografiadas.

2. También se realizó la descripción de los cuerpos sedimentarios, durante el chequeo de campo, haciendo apertura de excavaciones que serán identificadas por estaciones y la recolección de muestras de sedimentos y su etiquetado, y la toma de fotografía.

4.5.5 Procesamiento de los datos

Dentro de las actividades a realizadas están:

1. Digitalización del mapa geológico de superficie utilizando la aplicación de Power Point y AutoCAD 2012, usando como apoyo las imágenes satelitales y la hoja cartográfica Marhuanta (7540) a escala 1:1000.000.

2. Análisis macroscópico de las muestras, para clasificarlas y estimar los porcentajes de los minerales presentes en ellas.

3. Elaboración de las curvas granulométricas de las muestras recolectadas, utilizando la aplicación de Excel de Office de la plataforma de Windows.

4. Elaboración de los diagramas de rosas de las estructuras geológicas y su análisis estructural.

4.5.6 Memoria explicativa

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

Procesamiento e integración de información cartográfica, satelital y del levantamiento de campo, incluyendo los diagramas de rosas y el mapa geológico de superficie del sector de la rio El Diablito y las estructuras asociadas observadas en el campo.

4.6 Flujograma de la investigación

En la figura 4.2 se presenta el flujograma de las etapas a realizadas en el proyecto de grado en la rio El Diablito.

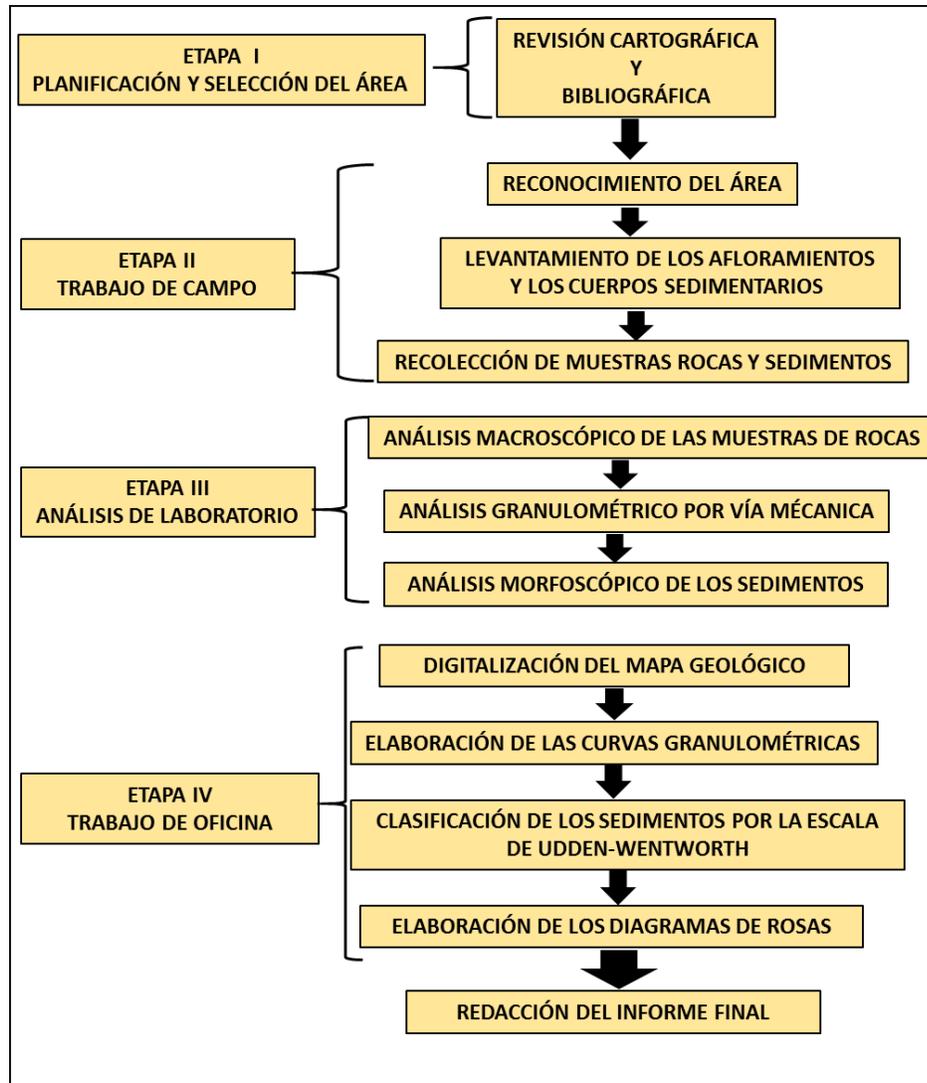


Figura 4 2: Flujograma de la investigación río El Diablito

4.6.1 Planificación y selección del área

Esta es la primera etapa de la investigación la cual es de suma importancia, ya que permitió saber de forma clara ¿qué buscamos?, ¿qué necesitamos?, y ¿cómo lo haremos posible?

4.6.1.1 Revisión bibliográfica y cartográfica

Como parte del inicio de la investigación, se revisaron distintas bibliografías, de manera que estas pudieran facilitar el trabajo a realizar posteriormente, es por esto que la documentación bibliográfica se basó en investigar sobre el procesamiento de datos de campos, clasificación de sedimentos según Udden-Wentworth, clasificación de las partículas de sedimentos según Powers, morfoscopia de sedimentos, clasificación de rocas metamórficas, así como términos geológicos básicos que son parte complementaria sobre el tema a investigar. Todo material fue obtenido a través de la revisión de materiales tales como, tesis, folletos, textos e informes técnicos sobre temas geológicos.

Además de la investigación de textos, los materiales cartográficos fueron de igual importancia a la documentación bibliográfica, es por esto que se revisó e interpretó materiales como la hoja cartográfica de Marhuanta (7440) a escala 1:100.000 de Cartografía Nacional en el año 1971 (Figura 4.3), así como también los mapas geológicos de la hoja NC – 20-14, a escala 1:100.000 de CVGTecmin (1991) e imágenes satelitales de Google Earth.

4.6.2 Trabajo de Campo

Para esta parte de la investigación se llevaron a cabo distintas actividades necesarias para la recolección de datos de campos (Figura 4.4), como lo fueron:

4.6.2.1 Reconocimiento del área de estudio

Para esto se llevaron a cabo caminatas en el área de manera que se pudiese identificar los puntos en los cuales se realizarían las estaciones de trabajo, anotando sus

coordenadas, características resaltantes de las estaciones y llevando una documentación fotográfica de estas.

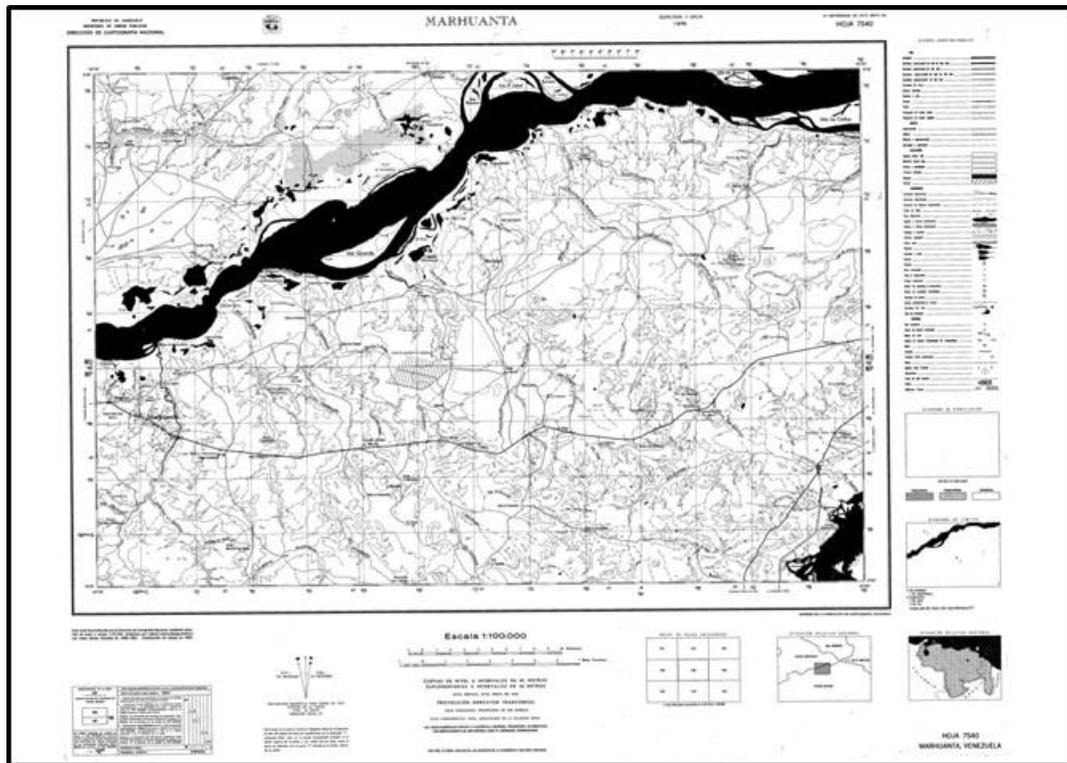


Figura 4 3: Hoja cartográfica de Marhuanta (7440)

4.6.2.2 Levantamiento de los afloramientos y cuerpos sedimentarios.

Para iniciar este trabajo se enumeraron las estaciones, las cuales ya tenían sus coordenadas definidas a través del GPS, luego se realizaron calicatas para medir y observar con la cinta métrica los espesores de las litologías encontradas en estas, luego procediendo a hacer una descripción de dichas litologías y revisar si existían estructuras en estas.

En el caso de las muestras de rocas, en estas se midieron los rumbos y buzamientos de foliaciones y diaclasas que pudiesen existir en estas.



Figura 4 4: Fase de trabajo de campo.

4.6.2.3 Recolección de muestras de rocas y sedimentos

En este punto del trabajo de campo a través de las calicatas se obtuvieron las muestras de sedimentos, de las cuales se recolectó 1kg aproximadamente de cada una de las litologías, además de la obtención de muestras de rocas para la posterior clasificación de todas estas muestras.

4.6.3 Análisis de laboratorios

Esta etapa de la investigación estuvo dividida en tres fases, las cuales fueron:

4.6.3.1 Análisis macroscópico de las muestras de rocas

Se analizaron 4 muestras de rocas de las 10 recolectadas en la fase de campo para lo cual fue necesario el uso de una lupa de aumento 10X y microscopio estereográfico, en laboratorio de INGEOMIN - Ciudad Bolívar aquí se observaron los minerales presentes en dichas muestras y sus respectivos porcentajes (Figura 4.5).



Figura 4 5: Muestras de las rocas para análisis macroscópico mediante microscopio estereográfico

4.6.3.2 Análisis granulométrico de los sedimentos por vía mecánica

Para este análisis se analizaron 8 muestras de sedimentos de distintos lugares del área de estudio y fue por el tamizado manual, en los cuales se utilizaron los tamices número 10, 18, 35, 60, 120, 200 y el pan.

Para esto se llevó a cabo la selección de muestras que estaban aptas para el estudio (Figura 4.6), luego se procedió a pesar cada tamiz en una balanza electrónica, de manera que pudiésemos obtener el peso de los sedimentos al restar el peso del tamiz y el peso del tamiz con la muestra retenida en él, como siguiente paso se procedió a tomar de 500 a 600 gramos de la muestra y seleccionar los tamices del mayor diámetro hasta el de menor diámetro para iniciar el proceso de tamizado (Figura 4.7).



Figura 4 6: Selección de sedimentos



Figura 4 7: Proceso de tamizado de forma manual

La muestra es puesta en el tamiz y se inicia el proceso de tamizado de forma manual sacudiendo los tamices de uno en uno y anotando los pesos del material retenido en cada tamiz y el pan, todos estos datos se anotaron en una tabla identificada con el sector de estudio, la estación y las coordenadas del sitio donde se tomó la muestra.

4.6.3.3 Análisis morfosκόpico de los sedimentos

Este análisis fue realizado a través del “método al azar de Pettijohn” el cual consiste en realizar un conteo de 200 partículas por cada muestra sedimento, además de una tabla de conteo, con el apoyo de esta tabla y un microscopio o una buena cámara con zoom (Figura 4.8) se puede clasificar cada partícula de acuerdo a la forma de esfericidad o redondez de esta clasificándola: en muy angulosa, angulosa sub-angulosa, sub-redondeada, redondeada o muy redondeada, esto se lleva a cabo a través de la tabla de estimación de redondez de las partículas sedimentarias según Pettijohn (1991) .

Para culminar en una tabla se cotejan todos los datos obtenidos, esto para poder obtener el grado de transporte que han sufrido los sedimentos.

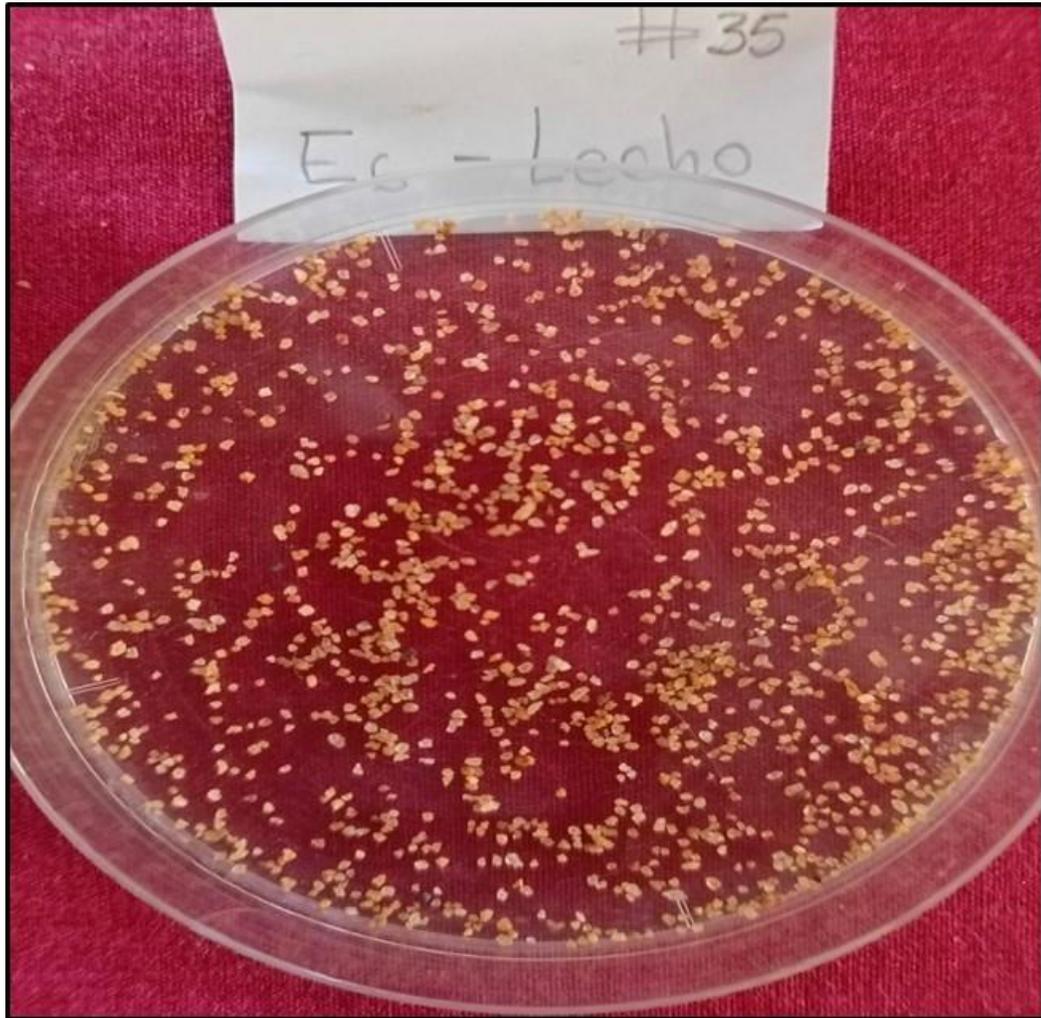


Figura 4 8: Muestra de sedimento para análisis morfosκόpico.

4.6.4 Trabajo de oficina

Para esta parte de la investigación se dividió esto en 4 fases, las cuales son:

4.6.4.1 Elaboración de las curvas granulométricas

Este trabajo fue realizado a través de la aplicación Microsoft Excel en su versión 2007, donde se analizaron 10 muestras de sedimentos ya tamizadas y se elaboraron las

distintas tablas con los % de material retenido y el diámetro de las partículas de acuerdo a lo obtenido en el análisis granulométrico antes realizado.

4.6.4.2 Clasificación de sedimentos por la escala de Udden Wentworth

Al terminar el proceso de la realización de las curvas granulométricas, se procedió a analizar según la escala de Udden Wentworth el tamaño de los granos de cada uno de los sedimentos y se procedió a incluirlos en una tabla resumen, elaborada en Excel con las texturas de cada una de las muestras.

4.6.4.3 Elaboración de diagramas de rosas

Como forma de identificación para cada una de las estructuras y patrones encontrados en los afloramientos rocosos encontrados en la zona de estudio, se procedió a la realización de diagramas de rosas utilizando los datos obtenidos en el trabajo de campo, como los rumbos de las diaclasas y foliaciones existentes.

Para esto la realización de estos diagramas la utilización de software especializado para esto fue de gran ayuda (Stereonet) (Figuras 4.9 y 4.10), para utilizarlo primero se debió cambiar las mediciones de rumbo de las estructuras y patrones a azimut, para así proceder a ingresar los datos obtenidos y poder analizarlos.

Se debió en el programa colocar el nombre del proyecto, a través de la opción New DataSet y posteriormente en la parte inferior de este proceder a ingresar los Azimut ya obtenido en la ventana de Add Datum y este pudiese trazar el diagrama a realizar.

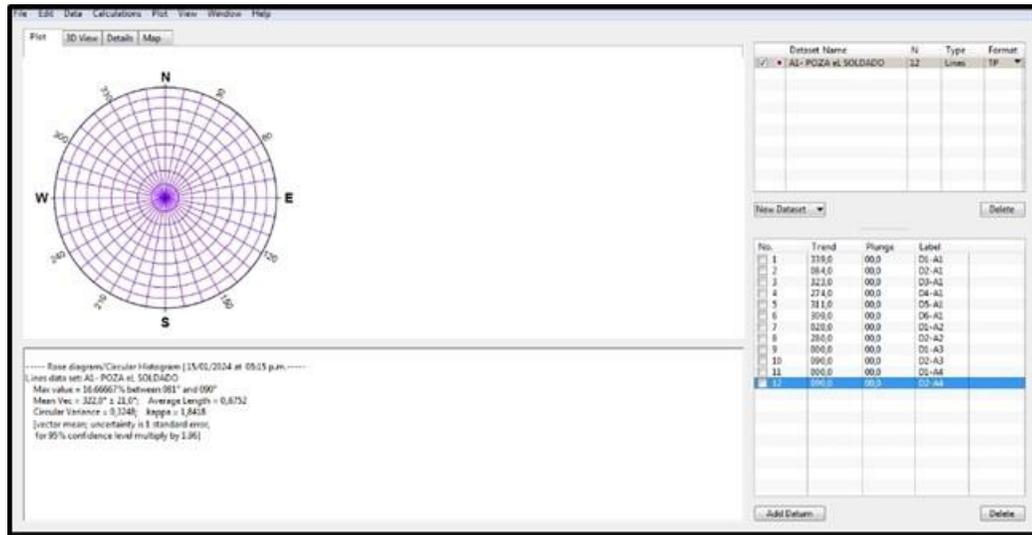


Figura 4 9: Programa Stereonet, para cargar datos iniciales

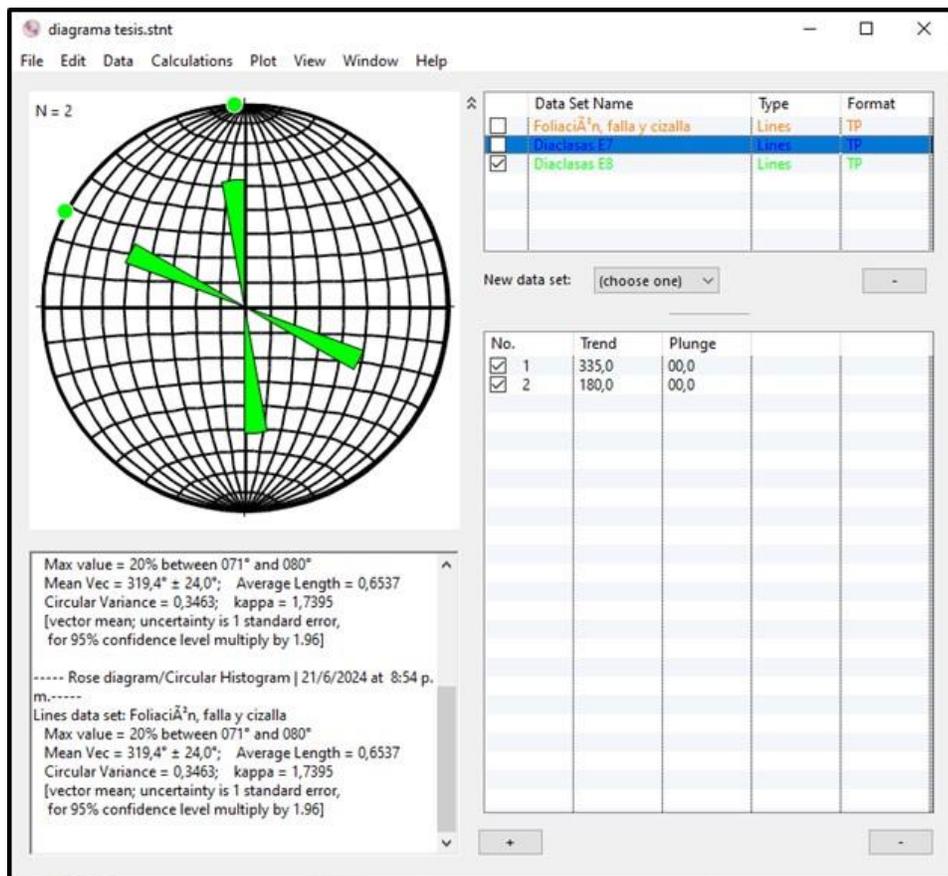


Figura 4 10: Programa Stereonet con la generación del diagrama de rosas y datos cargados

4.6.4.4 Digitalización del mapa geológico

Para culminar con esta fase del proyecto se procedió a la digitalización del mapa geológico, donde la información obtenida de Google Earth fue de gran ayuda para ubicar las estaciones de trabajo con la utilización de las coordenadas de campo expresadas en UTM, la hoja cartográfica de Marhuanta (7440) y los datos obtenidos de campo; la digitalización del mismo se llevó a cabo a través de las aplicaciones Microsoft powerpoint 2007 y AutoCAD 2012, en este fueron identificadas la ubicación relativa del área, la leyenda litológica y los símbolos geológicos utilizados.

4.6.5 Redacción del Informe final

La redacción del informe final se llevó a cabo a través de la aplicación Microsoft Word 2006, en la cual se plasma de forma escrita todo lo referente a este trabajo de investigación, como lo son, la información de campo y resultados de los distintos análisis realizados. Utilizando el formato establecido por la Escuela de Ciencias de la Tierra.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

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

Para la realización del estudio en la zona y facilitar la ubicación de cada sección, la misma fue dividida en estaciones las cuales fueron georeferenciadas y a través de un mapa de google Earth se ubicaron por sus coordenadas U.T.M (Figura 5.1 y Tabla 5.1):



Figura 5 1: Croquis de Google Earth con las estaciones del área de estudio

Tabla 5 1: Coordenadas y unidades estratigráficas de las estaciones de estudios

Estación	Coordenadas UTM (Huso 20)		Unidad Estratigráfica
	Norte	Este	
1	895251	450822,67	Sedimentos del Reciente
2	895252,43	450836,10	Complejo Imataca
3	895199.42	450931,86	Sedimentos del Reciente
4	895180,57	450896,09	Complejo Imataca
5	895202,27	450907,35	Sedimentos del Reciente
6	895164,01	451068,27	Sedimentos del Reciente / Complejo Imataca
7	895133,70	451018,57	Complejo Imataca
8	895139,37	451005,58	Complejo Imataca

En la zona estudio se identificaron tres unidades estratigráficas, las cuales son: rocas del Complejo de Imataca, suelos residuales del Complejo de Imataca y aluviones del Reciente.

Los afloramientos del Complejo de Imataca se encuentran identificados por gneisesbiotíticos cuarzosos de grano fino, gris oscuro y blanco; gneises cuarzosos de grano medio, grises, con bandas de biotita y moscovita en la superficie meteorizada, gneises cuarzo feldespáticos biotíticos, de grano medio, rosados, gris oscuro y gris claro; y migmatitas de colores gris y rosado, diques de cuarzo y pegmatitas cizalladas (Figura 5.2).



Figura 5 2: Afloramientos del Complejo de Imataca

Por su parte la unidad de los Suelos Residuales vienen comprendidos por suelos de grano medio a muy grueso, con abundantes fragmentos de cuarzo lechoso moteado de rojo claro y cuarcitas ferruginosas con 1 a 6 cm de diámetro sobre gneises y cuarcitas del Complejo Imataca (Figura 5.3)



Figura 5 3: Suelos residuales en el área de estudio

5.1.1 Estación E1

Ubicada en la orillas de la rio El Diablito, en esta estación se encontró un talud de 1,44m el cual es parte de los aluviones del Reciente encontrados, donde se realizó una calicata (Figura5.4).

En la misma se observó una barra de meandro de 6 metros de largo. Esta presenta un color rosado cuyos sedimentos a simple vista tienen apariencia de lodo o fango, el agua del rio es de color amarillento, de aspecto turbio, además de observarse una vegetación de árboles y arbustos de tamaños considerables, además, se observan bioturbaciones en la barra, específicamente caminos hechos por animales que viven entre los sedimentos (Figuras 5.5 y 5.6).



Figura 5 4: Calicata en la estación E1 (N 895251 E 450822.67)



Figura 5 5: Barra de meandro E1



Figura 5 6: Bioturbaciones observadas en la barra de meandro E1.

5.1.2 Estación 2

A pocos metros de la E1, se observó un afloramiento rocoso inclinado el cual se identificó como una cuarcita ferruginosa a orillas del río El Diablito, con tonalidades amarillentas, marrón y pardo rojizo (Figura 5.7).

5.1.3 Estación 3

En dirección sur-este se encuentra un talud de unos pocos centímetros de altura, de color rosado, sedimentos de tamaño arena (Figura 5.8).

La vegetación es escasa, además de presentar indicios de inundaciones y estaba saturada de agua, con presencia de pocas bioturbaciones y restos vegetales y frente al talud anterior se aprecia una barra de arena de color marrón claro.



Figura 5 7: Afloramiento rocoso en E2 (N: 895252,43 – E; 450836.10)



Figura 5 8: Calicata abierta en la estación E3 (N: 895199 – E: 450931.86)



Figura 5 9: Barra de arena en E3

5.1.4 Estación 4

En dirección sur, se encuentra un afloramiento cubierto por vegetación de tipo sabana, que en su superficie se observa de color negro y gris producto de la meteorización, caracterizado por gneis cuarzo feldespático, rodeado de suelo residual con fragmentos angulosos de cuarzo lechoso de 1 cm a 12 cm (Figura 5.10 y 5.11).



Figura 5 10: Afloramiento rocoso en E4



Figura 5 11: Afloramiento rocoso en E4

5.1.5 Estación 5

Siguiendo el rumbo del río, en dirección sureste, el cuerpo de agua ha erosionado con gran fuerza en épocas lluviosas, notándose que en esta zona, el ancho del río aumenta, provocando accidentes naturales que dejan como resultado los diferentes procesos sedimentarios de la zona

La estación presenta accidentes causados por diversas crecidas. Se observan árboles arrancados desde la raíz, ramas de otros árboles arrastradas, la vegetación se encuentra aplastada por la fuerza de la corriente de agua y la erosión causada por el río produce que las partes más bajas del talud, sean desgastadas con mayor rapidez y se

hace notar por la capa vegetal del talud que queda suspendida, por lo que se conoce como erosión vertical (Figura 5.12)



Figura 5 12: Rio El Diablito en E5, en la foto de la derecha barra arenosa y talud

5.1.6 Estación 6

Hacia el este se encuentra la estación 6 de donde se obtuvieron dos muestras de talud. En esta zona, el río forma un canal más ancho en relación a las estaciones anteriores. Se observan restos vegetales de gran tamaño, arrastrados y depositados en las partes más bajas de los árboles de moriche hasta una altura que supera los 2 metros de alto.

Se aprecia poca vegetación de sabana, se pudo observar que el agua del río se encuentra contaminada con algún químico que pudiera ser alguna clase de combustible y el follaje de los árboles y arbustos es cada vez mayor.

Se encontraron 2 taludes uno en cada margen; en la izquierda se realizó una calicata con una profundidad de 52,5 cm, donde se encontraron 3 tipos de arenas, la primera en el tope, una arena muy gruesa a media color marrón rojizo, la segunda en la parte media, arena limosa, de color marrón claro y la tercera en la, una arena media a fina marrón rojiza; y un talud en la derecha de 39 cm de altura, con señales de infiltración, con arena de grano medio a grueso color marrón claro y laminaciones paralelas, además, de arena arcillosa de color gris (Figuras 5.13 y 5.14).



Figura 5 13: Vegetación en el cauce del rio El Diablito en E6



Figura 5 14: Calicata en E6

5.1.7 Estación 7

En esta zona el río El Diablito presenta un ancho de 10 metros, donde se detallan estructuras geológicas en los afloramientos rocosos en su cauce de migmatitas de color gris y rosado, y gneises cuarzo feldespáticos, biotíticos, de grano medio, de color gris oscuro, gris claro y rosado, donde se observaron estructuras de deboudinage y foliación de rumbo $N68^{\circ}W$ y buzamiento $41^{\circ}SW$ y una falla inversa en uno de los afloramientos en el centro de la río, con rumbo: $N72^{\circ}W$ y buzamiento $70^{\circ}SW$ (Figuras 5.15 y 5.16).



Figura 5 15: Afloramientos en la estación E7



Figura 5 16: Boudinage en la estación E7

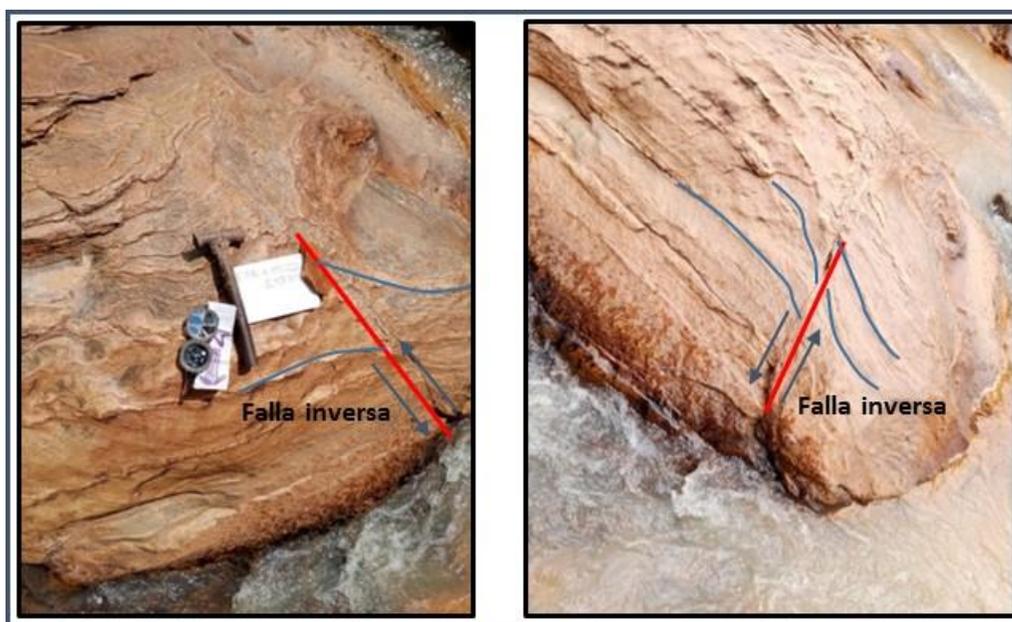


Figura 5 17: Falla inversa encontrada en la estación E7

Los afloramientos encontrados en el centro de la rio son de color rosado con tonalidades amarillentas, mientras que los afloramientos en las riberas, por estar poco expuestos a la acción del agua, se presentan en colores grises y rosados además de mostrar inclinaciones y señales de actividad tectónica, en ellos se encuentran un sistema de diaclasas conjugadas, una con rumbo: $N25^{\circ}W$ y buzamiento: $35NW$ y la otra de rumbo: sur franco y buzamiento: $50^{\circ}W$ (Figura 5.18)



Figura 5 18: Diaclasas conjugadas en E7

5.1.8 Estación 8

En esta estación se encuentra un afloramiento muy meteorizado (Figura 5.19), con dos sistemas de diaclasas ortogonales, uno conformado por diaclasas de rumbos $N62^{\circ}W$ y $S30^{\circ}E$; y el otro con rumbos $N3^{\circ}W$ y $S18^{\circ}E$.



Figura 5 19: Vegetación y afloramientos en E8

5.2 Descripción macroscópica de las rocas aflorantes

En el área de estudio se recolectaron 10 muestras de rocas de las cuales se escogieron 4 muestras para analizar, estas muestras fueron las recolectadas en las estaciones E6 y E7 las cuales se identificaron como E6-M1, E6-M2, E7-M1, E7-M2.

5.2.1 Muestra E6-M1

Esta muestra se identificó como un gneis cuarzoso de color marrón grisáceo, la cual es de textura granoblástica hipocristalina de grano medio con cristales cuyo tamaño va desde 2mm hasta 3mm aproximadamente. Esta se asemeja como equivalente protolito a una granodiorita cuarcífera.

Además posee una composición mineralógica de Plagioclasas (40%), cuarzo (38%), feldespato (15%), biotita (7%) aproximadamente (Figura 5.20)

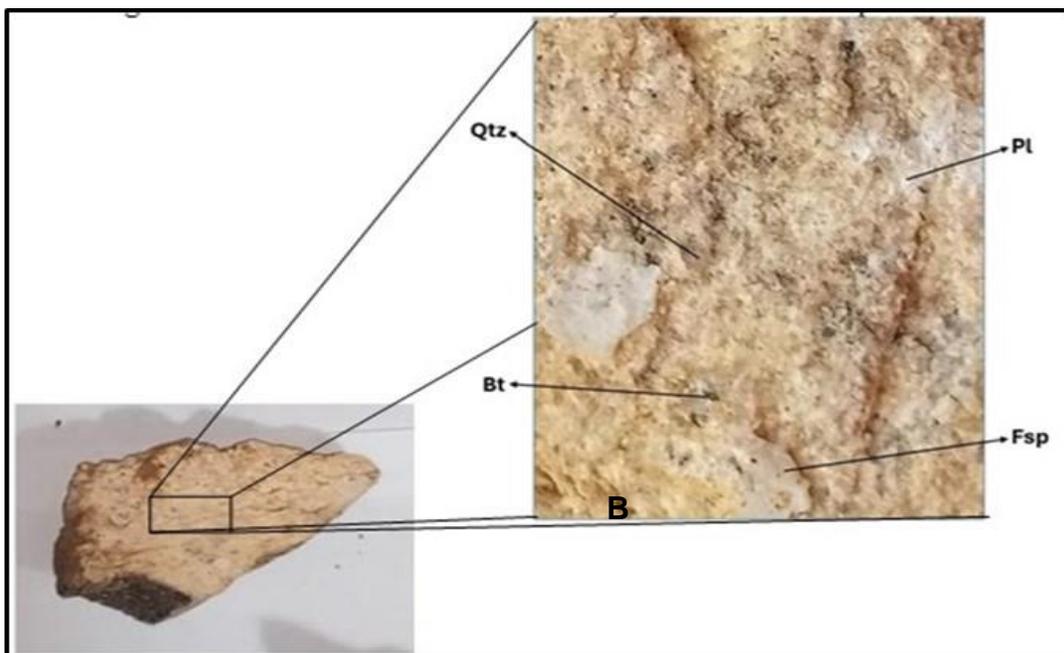


Figura 5 20: Muestra E6-M1: A) Muestra de mano y B) A través del microscopio

5.2.2 Muestra E6-M2

Identificada como un gneis biotítico cuarzoso, la cual posee una textura gnéisica, foliada holocristalina de grano fino cuyos minerales muestran orientación. La muestra contiene pequeñas vetillas de cuarzo paralelas a la foliación. Esta asemeja en su equivalente protolito a una tonalita.

Posee una composición mineralógica de plagioclasas 35%, biotita 32%, Cuarzo 30% y Feldespatos 3%, aproximadamente (Figura 5.21).

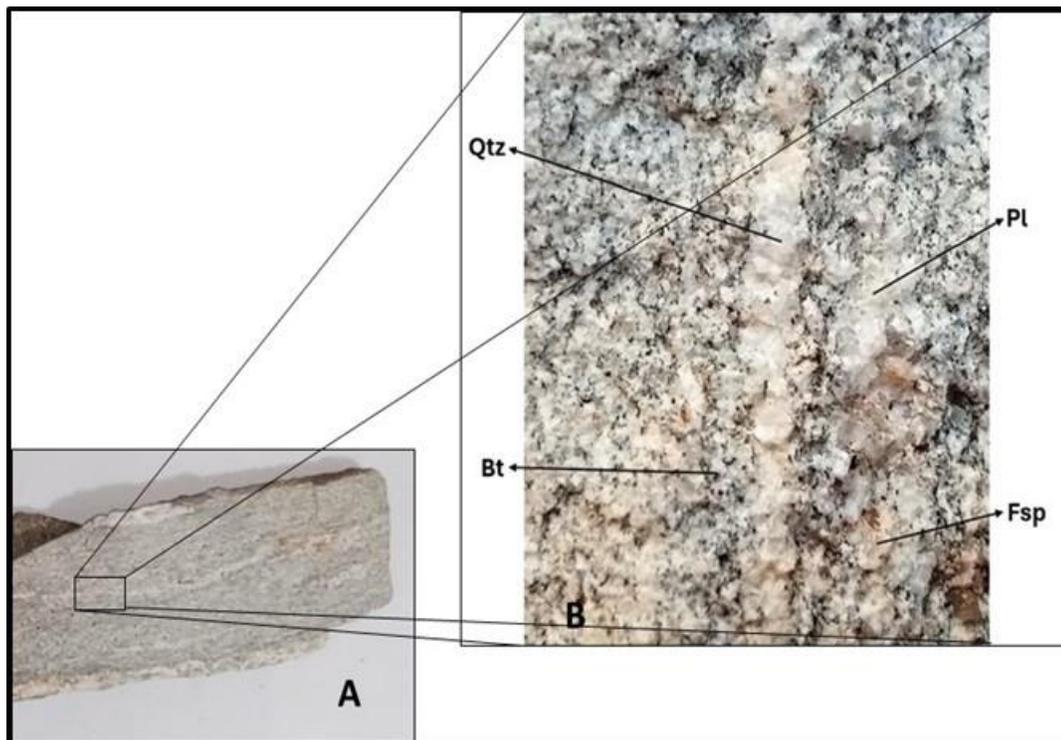


Figura 5 21: Muestra E6-M2: A) muestra de mano y B) vista a través del microscopio.

5.2.3 Muestra E7-M1

Se identificó esta muestra como, gneiscuarzoso de color gris de textura granoblástica, holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño que van desde 2 mm hasta 3 mm aproximadamente. La biotita se encuentra en estado de alteración mostrando franjas negras alargadas. El exterior de la roca, en las zonas donde se denota meteorización contiene moscovita, dándole una apariencia micácea a la roca. Su equivalente protolito se asemeja a una granodiorita cuarcífera.

Posee una composición mineralógica aproximada de plagioclasas (40%), cuarzo (40%), feldespatos (10%), biotita alterada (5%), moscovita (5%) (Figura 5.22)

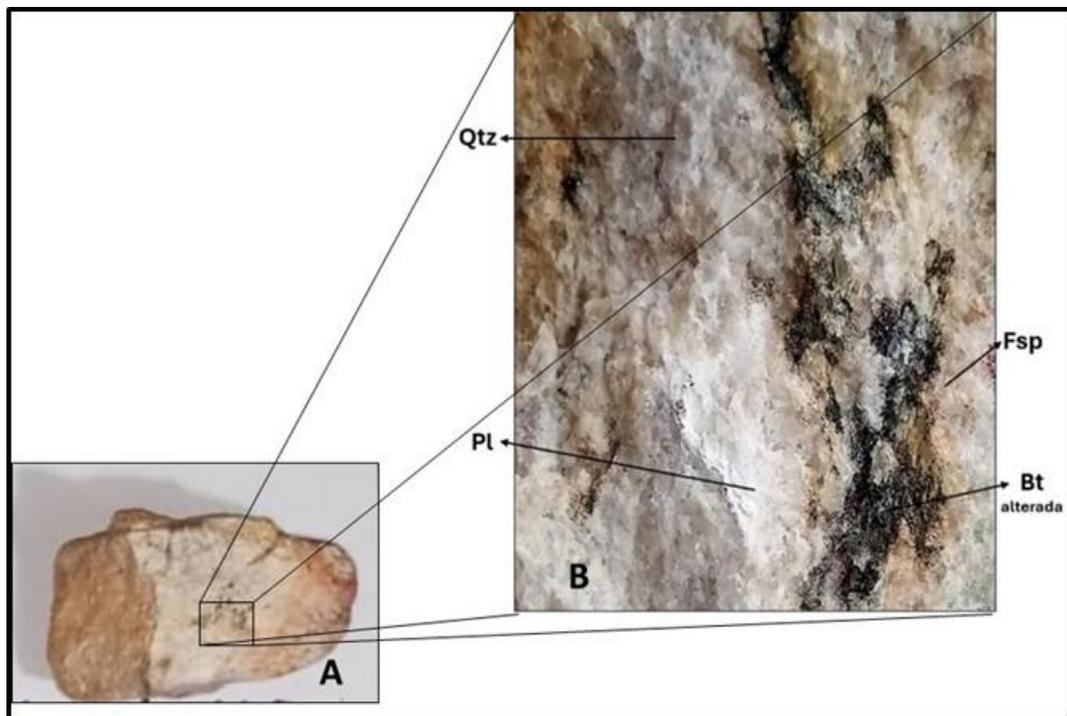


Figura 5 22: Muestra E7-M1, A) muestra de mano y B) visto a través del microscopio.

5.2.4 Muestra E7-M2

Muestra identificada como gneis feldespático cuarzoso biotítico, holocristalina, de textura granoblástica, de grano medio con cristales cuyo tamaño que van desde 2 mm hasta 3 mm aproximadamente. Su equivalente protolito se asemeja a un sienogranito.

Con una composición mineralógica aproximada, con feldespatos 40%, cuarzo 32%, biotita 21%, plagioclasas 5% y como mineral accesorio el rutilo con 2% (Figura 5.23).

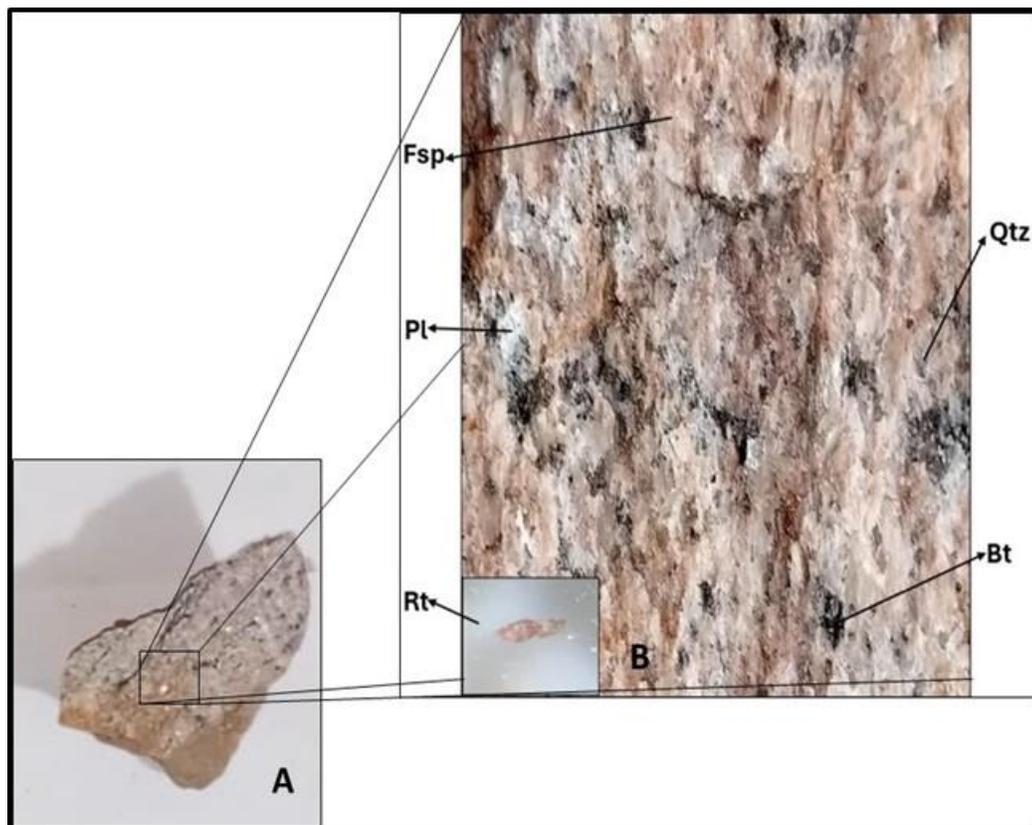


Figura 5 23: Muestra E7-M2, A) muestra de mano y B) vista a través del microscopio

5.3 Descripción de las estructuras geológicas de los afloramientos rocosos y esfuerzos usando diagramas de rosas

En el área de estudio se pudieron llegar a observar distintas estructuras geológicas que pueden ser observadas la tabla 5.1, en esta, existen diaclasas, foliaciones, fallas y boudinage, los cuales para determinar la dirección de los esfuerzos se llevó a cabo la realización de distintos diagramas de rosas que permitió deducir la dirección de los esfuerzos.

Tabla 5 2: Estructuras encontradas en las estaciones de estudio

Estación	Coordenadas	Estructura	Rumbo - Buzamiento
E2	N: 895257 E: 450921	Foliación (F1)	N52°W
E4	N 895145 E 450872	Foliación (F2)	Rumbo N74°E y Buzamiento 50°SE
E6	N 895123 E 451026	Zona de Cizalla (ZC)	Rumbo: N25°W
E7	N 895128 E 451030	Boundinage y Foliación (F3)	Rumbo: N68°W y Buzamiento 41°SW
	N 895114 E 451018	Falla	Rumbo: N72°W y buzamiento 70°SW
	N 895103 E 451033	Diaclasas conjugadas - D1 - D2	Rb: N25°W;Bz: 35NW Rb: Este franco; Bz: 50°NW
E8	N 895138 E 451101	Diaclasas conjugadas - D3 - D4	Rb:N62°W Bz:30°SE Rb:N3°W Bz:18°SE

Como se puede observar en la tabla 5.1, en la estación E7 se encontraron dos familias de diaclasas, que forman un sistema de tipo conjugado (Figura 5.25), las cuales

tienen un azimut de: D1 335° y D2 de 90°, como se muestra en la figura 5.26, con un ángulo entre ellas de 65° y una dirección del esfuerzo máximo σ_1 de NW-SE.



Figura 5 24: Diaclasa Conjugada E7

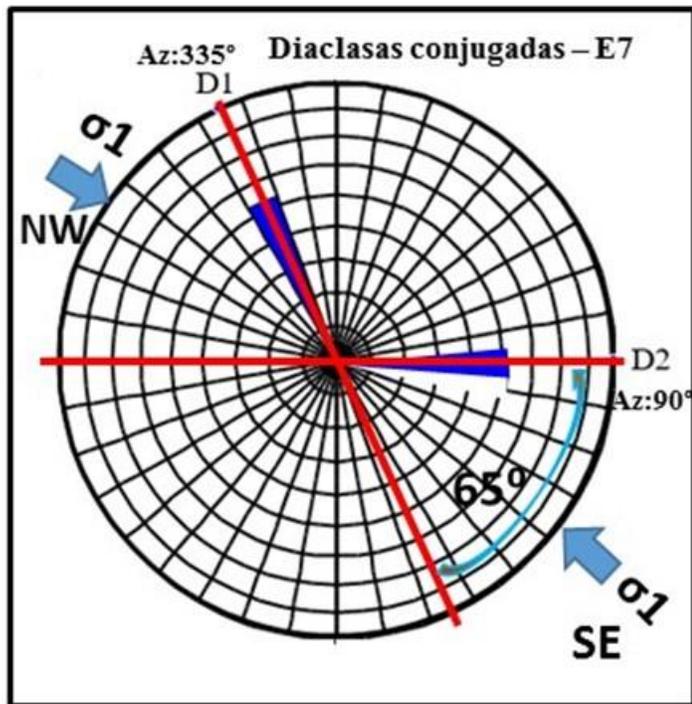


Figura 5 25: Diagrama de Rosas con los esfuerzos σ_1 , de las diaclamas en E7

También en la estación E8, se hallaron 2 familias de diaclasas que forman un sistema de diaclasas oblicuas, las cuales presentan los siguientes azimut: en el caso de la D3 298° y la D4 330°, con un ángulo entre ellas de 32° que se representan en la figura 5.27 con dirección de los esfuerzos máximo σ_1 de NW-SE; y otro sistema de diaclasas subortogonales (Figura 5.28) con azimut de D5 357° y D6 342°, con un ángulo entre ellas de 15° en la figura 5.29.



Figura 5 26: Diaclasas sub ortogonales estación E8.

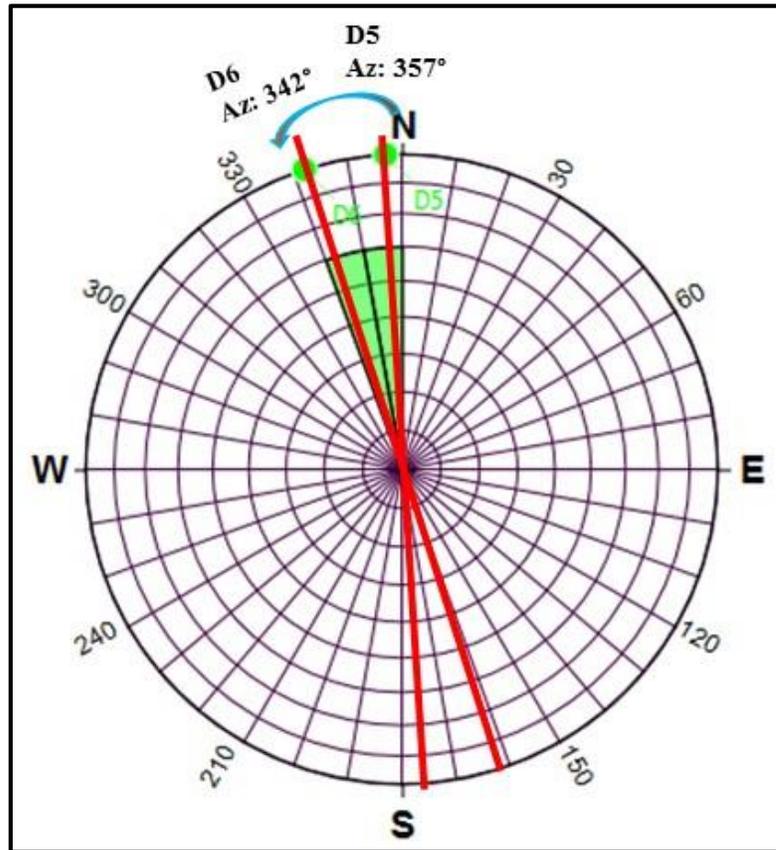


Figura 5 28: Diagrama de Rosas de las diaclasas subortogonales en estación E8

Además de las diaclasas, existen otras estructuras como fallas, foliaciones, boudinage y una zona de cizalla, las cuales tan representadas en la figura 5.30, las foliaciones de los cuerpos rocosos encontrados presentaron azimuts para F1 en E2: 308°, F2 en E4: 254° y F3 en E7: 292°, lo que indica plegamiento regional; la zona de cizalla presento en E6 un azimut de 335° en y por último la falla encontrada en E7, presenta desplazamiento de 14 cm con un azimut de 288°. De acuerdo a los datos anteriores se puede establecer que la foliación en la estación E7 tiene casi la misma dirección de la foliación, lo que la clasifica como un falla estratigráfica; y que las direcciones de las foliaciones varían desde 284° a 303° de azimut, equivalente a una variación de 19°, asociado a un plegamiento suave (Figuras 5.30, 5.31 y 5.32).

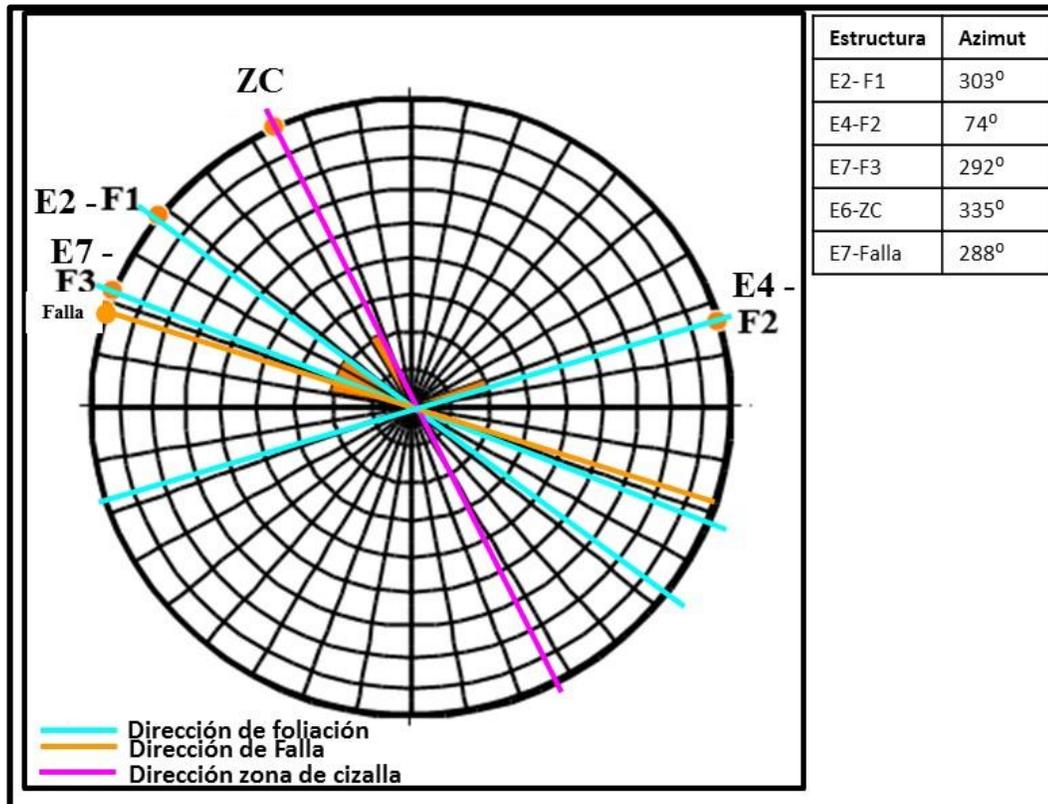


Figura 5 29: Diagrama de rosas de las foliaciones, fallas y zonas de cizalla



Figura 5 30: Diagrama de rosas de las foliaciones, fallas y zonas de cizalla.



Figura 5 31: Boudinageen E7

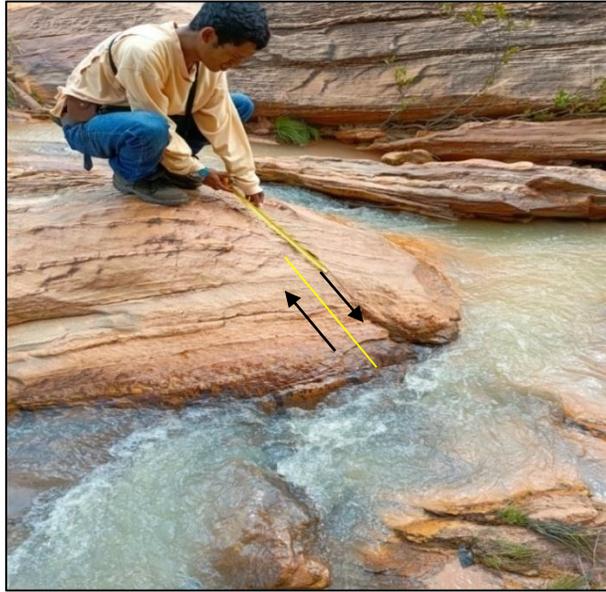


Figura 5 32: Falla estación E7

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

Como parte de la recolección de muestras en la fase de campo se recolectaron sedimentos en 3 estaciones, teniendo así 10 muestras las cuales presentaron las siguientes características mencionadas en la Tabla 5.3.

Tabla 5 3: Estaciones de recolección de sedimentos y características de las mismas

Estación	Unidad	Coordenadas	Observación
E1	Talud en contacto con Barra de meandro	N 895279 E 450840	Talud de 1.44m de altura, en la rio El Diablito, con 2 estratos, al tope arena limosa marrón amarillenta de espesor de 0.60m, en la base una arena marrón claro con estratificación paralela de grano grueso a fino, con gradación normal, con un espesor de 0.9 m. (rumbo de río)
E3	Barra de meandro y Talud	N: 895215 E: 450950	Barra de arena de 30cm de espesor de arena marrón claro, de grano grueso a medio con laminaciones y gradación normal. Talud de 1,97 m de altura con arcillas marrón rojizo al tope y roca meteorizada arcillosa en la base, de color gris claro moteada de rojo claro.
E5	Barra de meandro	N: 895279 E: 450840	Ancho de la barra: 4,64m ancho x 20,7m largo. Ancho del rio: 5m y profundidad: 1,26m.
E6	Talud E6	N 895127 E 451090	Talud de 52,5 cm de altura con 3 tipos de arenas, la primera una arena muy gruesa a media color marrón rojizo, la segunda arena limosa, de color marrón claro y la tercera una arena media a fina marrón rojiza.
	Talud E6-C	N 8951127 E 451104	Talud de 39 cm de altura con señales de infiltración con arena de grano medio a grueso color marrón claro y laminaciones paralelas, además, de arena arcillosa de color gris

En la fase de oficina al realizar el respectivo análisis granulométrico se pudo determinar el tamaño de las partículas, donde se observaron arenas que van desde muy gruesa, media y finacomose observa en laTabla 5.4.

Tabla 5 4: Clasificación de sedimentos segúnescala Udden-Wentworth

Estación	Muestra	Clasificación textural
1	E1 - Lecho	Arena muy gruesa a media
3	E3 - Lecho	Arena muy gruesa a media
	E3 - Base	Arena muy gruesa afina
	E3 - Centro	Arenamediaa muy fina
	E3 - Tope	Arenamedia a muy fina
5	E5 – M1	Arena muy gruesa a media
6	E6 - Lecho	Arena muy gruesa a media
	E6 -M1	Arena muy gruesa afina
	E6 - M3	Arenagruesa afina
	E6C – M1	Arena muy gruesa a media

5.5 Análisis morfoscóptico

Al obtener los resultados de los análisis granulométricos de cada muestra de sedimento se procedió a realizar un análisis morfoscóptico a las 10 muestras y de esta manera poder determinar el grado de transporte que han tenido estos sedimentos y esto se hizo obteniendo una muestra del tamiz número 35, obteniendo como resultado lo siguiente.

5.5.1 E1 – Lecho

Para la muestra tenemos que como resultado del conteo expresado en la tabla 5.5, muestra principalmente partículas subredondeadas (41,3%), subangulosa es la segunda

más predominante (38%), las partículas con menos presencia son las angulosas y las redondeadas con (10,7%) y (9,9%) respectivamente como se representa en la figura 5.34; esto es indicativo de que los sedimentos tuvieron un “transporte alto a moderado” de acuerdo a lo expresado en la distribución, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 5: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopia de la muestra E1 – Lecho

Muestra E1 – Lecho		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	26	10,7
Subanguloso	92	38
Subredondeado	100	41,3
Redondeado	24	9,9
Total	242	100

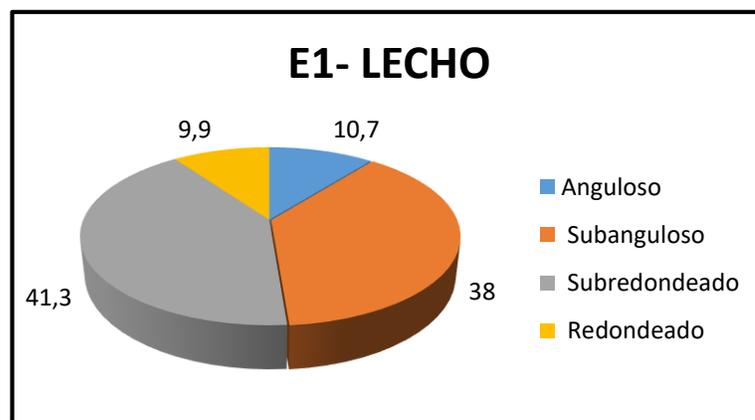


Figura 5 33: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E1 – Lecho

5.5.2 E3 – Lecho

Esta muestra presenta como lo refleja la tabla 5.6, como principal forma de las partículas con forma subredondeadas (38,6%), como segunda forma más encontradas se observan las partículas con formas subangulosas (30,5%), además, la forma angulosa posee un (23,7%) y por último la forma de las partículas redondeadas son las menos encontradas (10.6%), estos porcentajes se ven referenciados en la figura 5.34, lo que lleva a concluir que estos sedimentos pudieron tener un nivel de transporte de moderado a bajo, según lo expresado en la distribución, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas..

Tabla 5 6: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E3 - Lecho

Muestra E3 - Lecho		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	56	23,7
Subanguloso	72	30,5
Subredondeado	91	38,6
Redondeado	17	7,2
Total	236	100

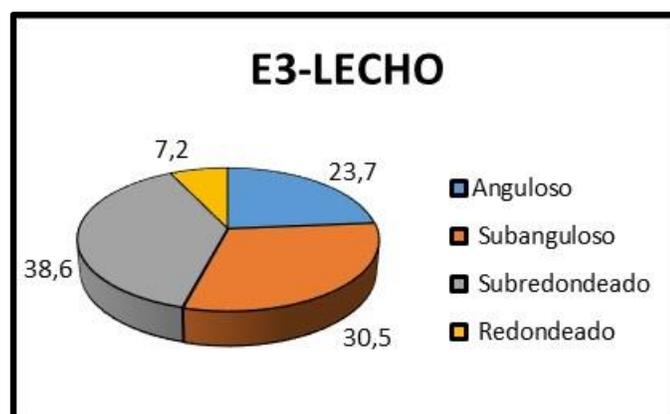


Figura 5 34: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E3 – Lecho.

5.5.3 E5 – Base

Para la muestra como se refleja en la tabla 5.7, tenemos partículas subangulosas como principal forma encontrada (38,5%), subredondeadas es la segunda partículas más encontradas (34,5%), las partículas con menos presencia son las angulosas y las redondeadas con (15,5%) y (11,5%) respectivamente como se representa en la figura 5.35; esto es indicativo de que los sedimentos tuvieron un “transporte moderado a bajo” de acuerdo a lo expresado en la distribución, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 7: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E5 - Base

Muestra E5 - Base		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	31	15,5
Subanguloso	77	38,5
Subredondeado	69	34,5
Redondeado	23	11,5
Total	200	100

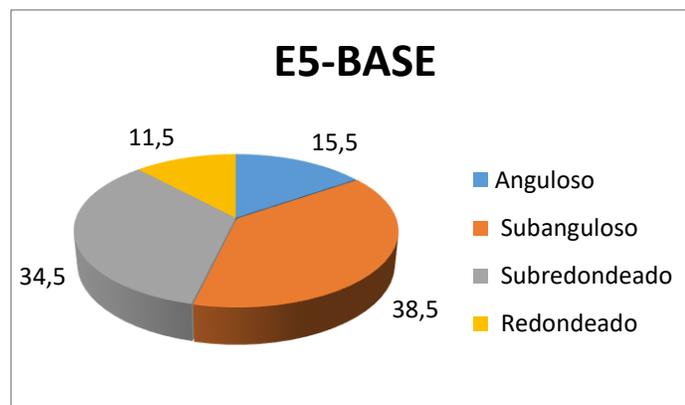


Figura 5 35: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E5 – Base

5.5.4 E5 – Centro

Como se evidencia en la tabla 5.8, la muestra presenta partículas de tipo subredondeado (43,06%) como forma más encontrada, mientras tanto la forma angulosa es la segunda más encontrada (23,92%), seguida de esta la forma sub angulosa (21,54%) y la forma menos encontrada es la redondeada (11,48%), expresado en la figura 5.36, con lo que se puede llegar a concluir que estas partículas tuvieron un transporte de moderado a bajo, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 8: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E5 - Centro

Muestra E5 - Centro		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	50	23,92
Subanguloso	45	21,54
Subredondeado	90	43,06
Redondeado	24	11,48
Total	209	100

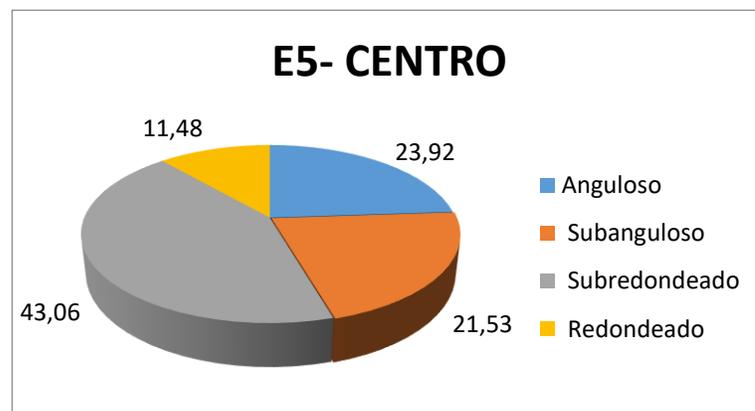


Figura 5 36: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E5 – Centro

5.5.5 E5 – Tope

Esta muestra se encuentra distribuida de la siguiente forma (Tabla 5.9), en la cual se consiguió que las partículas de forma subredondeada son las más encontradas (45%), estas son seguidas por las partículas de forma angulosa (22,5%), luego se encuentran las partículas con forma subangulosa (25%) y por último las menos encontradas son las partículas redondeadas (7,5%) como se refleja en la figura 5.37, teniendo así como conclusión que los sedimentos han tenido un transporte bajo a moderado, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 9: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E5 - Tope

Muestra E5 - Tope		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	50	22,5
Subanguloso	45	25
Subredondeado	90	45
Redondeado	15	7,5
Total	200	100

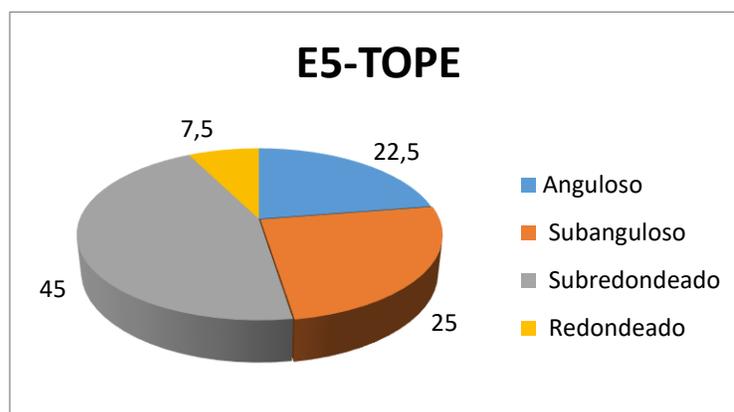


Figura 5 37: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E5 – Tope

5.5.6 E3. – M1

Esta muestra presenta como lo refleja la tabla 5.10, como principal forma de las partículas con forma subangulosa (37,5%), como segunda forma predominante se observan las partículas con formas subredondeadas (37%), además, la forma angulosa posee un (14,9%) y por último la forma de las partículas redondeadas son las que menos se encuentran (10.6%), estos porcentajes se ven referenciados en la figura 5.38, lo que nos lleva a una conclusión de que estos sedimentos pudieron tener un nivel de transporte de moderado a bajo, según lo expresado en la distribución, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 10: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E5 – M1

Muestra E3 – M1		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	31	14.9
Subanguloso	78	37.5
Subredondeado	77	37
Redondeado	22	10.6
Total	208	100

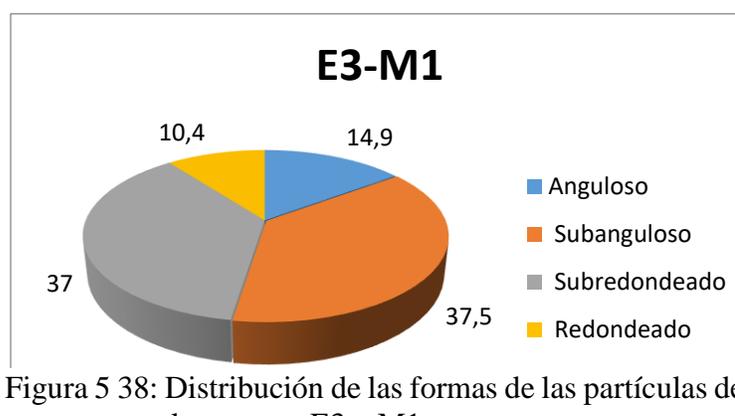


Figura 5 38: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E3 – M1

5.5.7 E6 – Lecho

En las muestras que se muestran en la Tabla 5.11, los subredondeados (48,70%) se encontraron como la forma predominante, seguidos de los granos subangulosos (25,65%), y los granos menos recurrentes fueron las partículas angulares y redondas (18,7 %) o (6,95%) como se muestra en la Figura 5.40. Esto indica que el sedimento sufrió un “transporte moderado a bajo” como lo indica la distribución, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 11: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E6 – Lecho

Muestra E6 - Lecho		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	43	18,7
Subanguloso	59	25,65
Subredondeado	112	48,70
Redondeado	16	6,95
Total	230	100

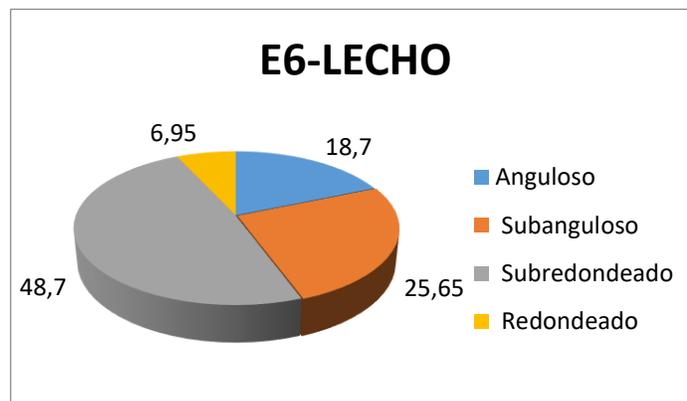


Figura 5 39: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6 – Lecho

5.5.8 E6 – M1

Para esta muestra se encontró como lo evidencia la Tabla 5.11, que la partículas de tipo subredondeadas (64,9%) son las más predominantes dentro de la muestra, las que se encuentran también con mucha frecuencia son las partículas subangulosas (17,31%), las partículas de tipo redondeadas se encuentran en menor cantidad son las redondeadas (13,46%) y las angulosas (4,33%) respectivamente, la representación porcentual se refleja en la figura 5.40, siendo esto indicativo de un transporte de tipos moderado a bajo como lo indica la distribución, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 12: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E6 – M1

Muestra E6 – M1		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	9	4,33
Subanguloso	36	17,31
Subredondeado	135	64,9
Redondeado	28	13,46
Total	208	100

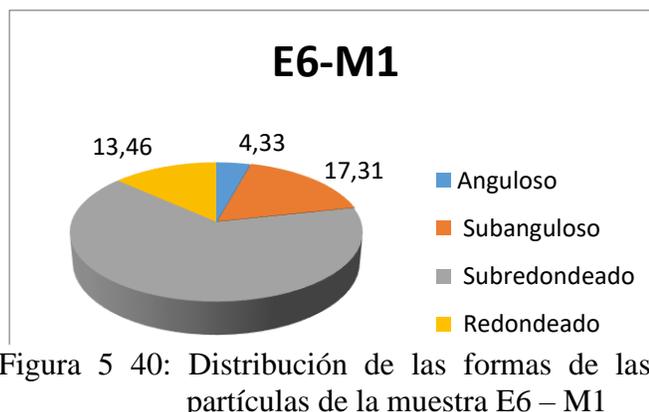


Figura 5 40: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6 – M1

5.5.9 E6 – M3

Esta muestra se encuentra distribuida de la siguiente forma (Tabla 5.13), en la cual se consiguió que las partículas de forma subangulosa son las más encontradas (35,9%), estas son seguidas por las partículas de forma subredondeada (23,3%), luego se encuentran las partículas con forma angulosa (22,3%) y por último las menos encontradas son las partículas redondeadas (17,5%) como se refleja en la figura 5.41, teniendo así como conclusión que los sedimentos han tenido un transporte bajo a moderado que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 13: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E6 – M3

Muestra E6 – M3		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	46	22,3
Subanguloso	74	35,9
Subredondeado	48	23,3
Redondeado	38	17,5
Total	206	100

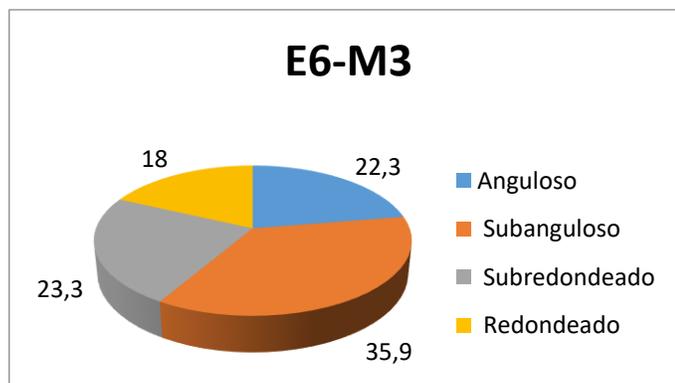


Figura 5 41: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6 – M3

5.5.10 E6C – M1

Esta muestra se encuentra distribuida de la siguiente manera (Tabla 5.14), en esta se consiguió que las partículas subredondeadas son las predominantes (43,78%), estas son seguidas por las partículas de forma subangulosas (40,09%), luego se encuentran las partículas con forma angulosa (14,75%) y por último las menos recurrentes son las partículas angulosas (1,38%) como se refleja en la figura 5.42, teniendo así como conclusión que los sedimentos han tenido un transporte moderado a bajo, lo que refleja que las fuentes de los sedimentos son varias, desde lejanas hasta cercanas.

Tabla 5 14: Porcentaje de partículas de acuerdo a la morfoscopía de la muestra E6C – M1

Muestra E6C – M1		
Forma de la Partícula	N° de partículas	% de partículas
Anguloso	3	1,38
Subanguloso	87	40,09
Subredondeado	95	43,78
Redondeado	32	14,75
Total	217	100

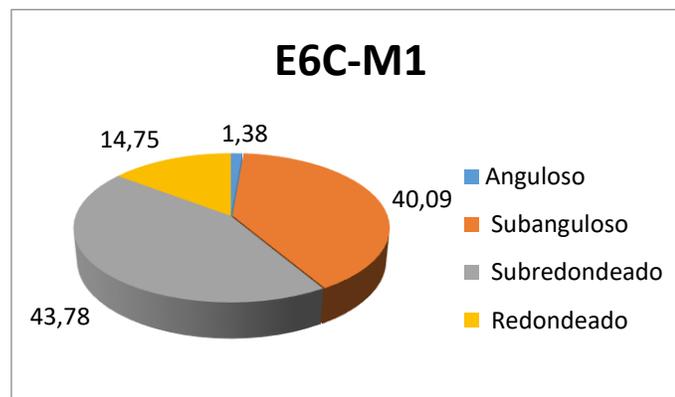


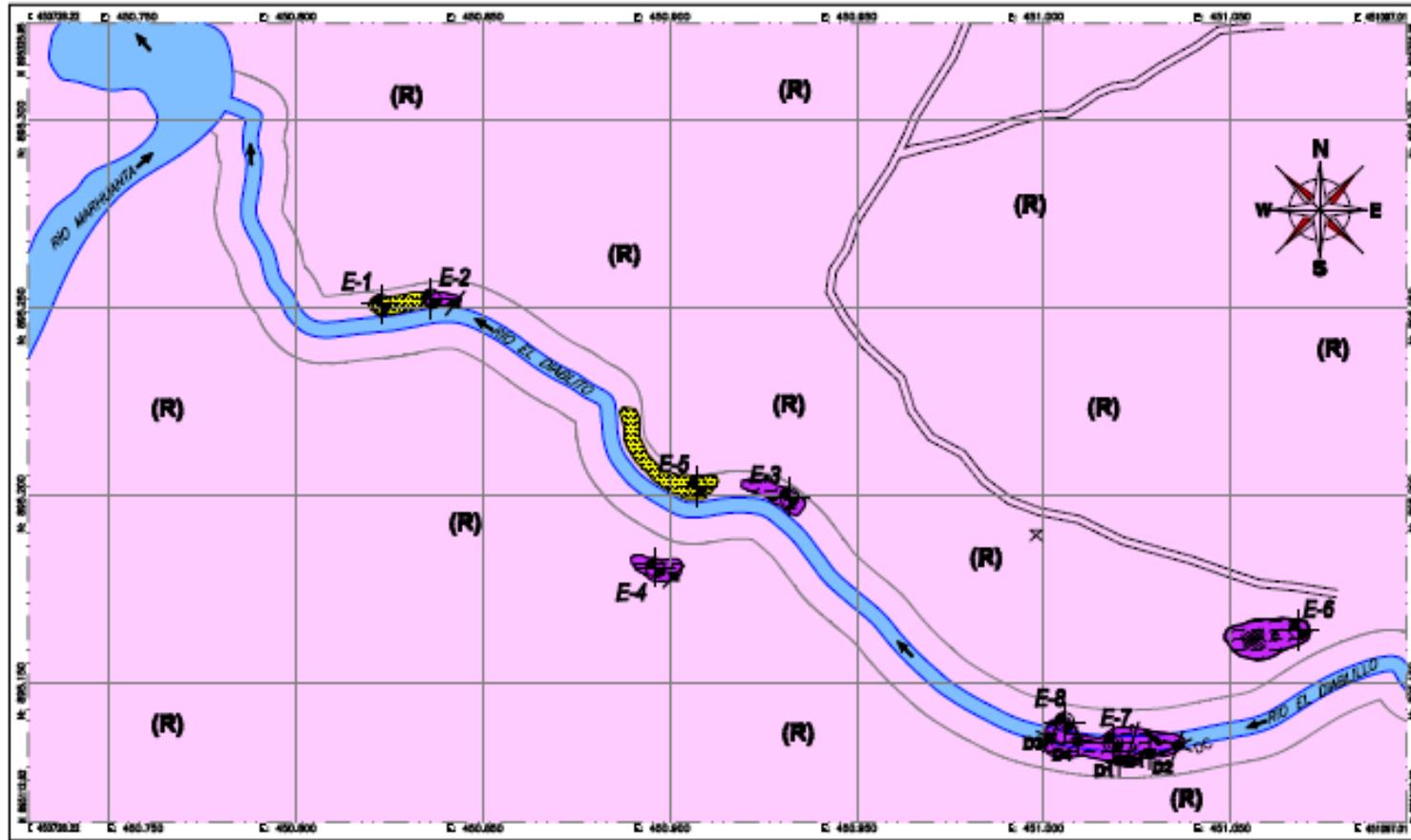
Figura 5 42: Distribución de las formas de las partículas de la muestra E6C - M1

5.6 Mapa geológico de la rio El Diablito

Al realizar el mapa geológico se tomó en consideración las diversas litologías observadas en la fase de campo y las variaciones de estas en cada estación estudiada, teniendo como punto de partida el área alrededor de la rio El Diablito y las diversas estructuras litológicas encontradas.

Para este mapa tenemos tres tipos de litologías, la primera encontrada a las orillas de la rio, que son los aluviones del reciente correspondiente al Cuaternario, estos principalmente constituidos por arenas de grano muy grueso a media gravosas y arenas de grano grueso a medias gravosas representando el 2% de la zona cartografiada.

Además, se observan del Complejo Geológico de Imataca correspondiente al Arqueano, como gneis biotíticos cuarzosos de grano fino y gneis biotíticos de grano medio algunos de estos con presencias de estructuras como foliaciones, diaclasas y boudinages que representan el 3% del área; y por ultimo de igual forma a la anterior perteneciente al Complejo de Imataca suelos residuales de grano medio a muy gruesos, los cuales se observan en el área cartografiada como los más abundantes ya que representan alrededor del 95% del área. Por último en el mapa se observa la Rio El Diablito teniendo un rumbo en el mapa NW, afluente del río Marhuanta (Figura 5.44).



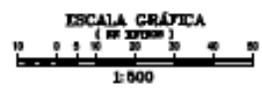
**COORDENADAS
UBICACIÓN DE ESTACIONES**

ESTACIONES	NORTE (m)	ESTE (m)
E-1	895251.00	450822.67
E-2	895252.43	450836.10
E-3	895189.42	450931.86
E-4	895180.57	450896.09
E-5	895202.27	450907.35
E-6	895184.01	451068.27
E-7	895133.70	451018.57
E-8	895139.37	451005.58

SISTEMA REFERENCIAL UTM REDVEN
(WGS84) ZONA 20



MAPA GEOLÓGICO
ESCALA 1:500



SÍMBOLOS

	PUNTO ESTACIÓN		DIACLASAS ORTOGONALES
	RÍO, QUEBRADA		RUMBO FOLIACIÓN
	TRILLA		FALLA
	CONTACTO GEOLÓGICO		CIZALLA
	DIACLASAS VERTICAL		BOUNDINAGE
	DIACLASAS CONJUGADAS		

LEYENDA LITOLÓGICA

ALUMONES		Arenas de grano muy grueso a medio gravosas, arenas de grano grueso a medio gravosas, de color marrón claro, con estratificación paralela y gradación normal, arenas limosas marrones amarillentas y arcillas marrón rojo
SUELO RESIDUAL (R)		Suelo residual (R) de grano medio a muy grueso, con abundantes fragmentos de cuarzo lechoso, moteado de rojo claro y cuarcitas ferruginosas de 1 a 6 cm de diámetro, sobre gneises y cuarcitas del Complejo de Imataca.
GNEISES BIOTÍFICOS CUARZOSOS		Gneises biotíficos cuarzosos de grano fino, gris oscuro y blanco, y gneises cuarzosos de grano medio, grises, con bandas de biotita y moscovita en la superficie meteorizada, gneises cuarzo feldespáticos biotíficos, de grano medio, rosados, gris oscuro y gris claro, y migmatitas de colores gris y rosado, diques de cuarzo y de pegmatita cizallados.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

MAPA GEOLÓGICO
UBIC. DE AFLORAMIENTOS
UBICACIÓN RELATIVA

Proyecto: Caracterización Geológica-Estructural de los Afloramientos en el Río El Diablito, Parroquia Marhuanta Mpio. Bolívar, Estado Bolívar, Venezuela.

Elaborado por: ANGELO RAFAEL JIMÉNEZ SOJO
DANIEL ERIC ALEXANDER LARA LARA
Revisado y aprobado por: A. V.

Fecha: MAYO 2024
Escala: 1:500

Actuación: HOJA CARTOGRAFICA 7540-MARHUANTA
Escala: 1:100.000

Página: 1/1

Figura 5 43: Mapa geológico del río El Diablito en la cuenca media

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En la zona de la rio El Diablito se identificaron 3 unidades litológicas, las cuales son rocas del Complejo Geológico de Imataca, Suelos Residuales y Sedimentos del Reciente
2. Los afloramientos del Complejo Geológico de Imataca se encuentran compuestos litológicamente por gneises biotíticos cuarzosos de grano fino de color gris oscuro y blanco, gneises cuarzosos de grano medio de color gris con presencia de bandas de biotita y moscovita en la superficie meteorizada, gneises cuarzo feldespáticosbiotíticos de grano medio de color rosado, gris oscuro y gris claro, migmatitas de colores gris y rosado, diques de cuarzo y pegmatitas cizalladas; con foliaciones y diaclasados
3. Los Suelos Residuales se caracterizan por ser de grano medio a muy grueso, con abundantes fragmentos de cuarzo lechoso moteado de rojo claro y cuarcitas ferruginosas de 1 a 6 cm de diámetro, sobre gneises y cuarcitas del Complejo Geológico de Imataca
4. Los Sedimentos del Reciente se componen por arenas de grano muy grueso a medio gravosas, arenas de grano grueso a medio gravosas de color marrón con presencia de estratificación paralela y gradación normal, además también hay presencia de arenas limosas marrones amarillentas y arcillas marrón rojizo
5. La composición mineralógica de las rocas analizadas de forma macroscópico reflejaron que: los gneises cuarzosos se componen de Plagioclasas 40%, Cuarzo 38%, Feldespato 15%, Biotita 7%; los gneises biotíticos cuarzosos se componen de Plagioclasas 35%, Biotita 32%, Cuarzo 30%, feldespatos 3%; Los

gneises cuarzosos compuesto por Plagioclasas 40%, Cuarzo 40%, feldespatos 10%, Biotita alterada 5%, Moscovita 5%; por último los gneis feldespáticos cuarzosos biotíticos se componen por Feldespatos 40%, Cuarzo 32% Biotita 21% Plagioclasas 5% además teniendo como mineral accesorio el Rutilo con un 2%

6. En el mapa geológico se puede apreciar el gran espacio ocupado por los suelos residuales del Complejo Geológico de Imataca, representando el 95% del área estudiada en menor proporción las rocas pertenecientes al Complejo Geológico de Imataca que representan el 3% y los Sedimentos del Reciente representando el 2% del área
7. En la zona se observaron rocas con varias diaclasas las cuales en la estación E7 fueron de tipo conjugadas teniendo un azimut de D1 335° y D2 de 90° con un esfuerzo con dirección NW-SE de 65° y en la estación E8 con azimut de D3 298° y la D4 330° con un esfuerzo con dirección NW-SE de 32°, además de estas estructuras se encontró una falla con un azimut de 342°; y foliación en las rocas tienen varias direcciones, que tienen los siguientes azimut F1: 322°, F2: 74° y F3: 338°, indicativo de plegamiento; y por último se encontró una zona de cizalla con un azimut de 295°
8. Las partículas de los sedimentos encontradas en las orillas de la río son en su mayoría son de forma subangulosas y subredondeadas, lo que puede indicar que dichas partículas tuvieron un transporte “moderado a bajo”, con fuente de origen desde lejanas a cercanas
9. Tomando como comparación los trabajos de investigación utilizados como antecedentes para este trabajo, podemos llegar a ver ciertas diferencias con respecto a estos, en el sector de la río El Diablito se observan sedimentos de grano grueso a medios gravosos de colores marrones claros en su mayoría y unos pocos de colores marrones rojizos, en contraposición a los encontrados

por Castro y Nuñez (2022) en el Fundo Mi Campito en las cuenca media del río Marhuanta los cuales fueron arenas de granos más finos a limosos con colores rojos intensos.

10. En cuanto a las estructuras se pudo llegar a notar que en la zona de la rio El Diablito en referencia a los trabajos de investigación utilizados como antecedentes se observaron menos cantidad de estructuras.

Recomendaciones

1. Realizar análisis petrográficos a través de secciones delgadas de las muestras de roca obtenidas en los alrededores de la rio El Diablito, de manera que se tenga de forma más precisa la composición mineral de las rocas
2. Realizar un estudio de presión y temperatura del metamorfismo a las rocas localizadas en el área utilizando el diagrama de facies metamórficas
3. Seguir realizando levantamientos en zonas aledañas de manera que se pueda nutrir la poca información que existe de la zona, tanto por sus características geológicas como sus características estructurales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antillano O, Daniel S. (2023) **CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LA RIO LAS TINAJITAS, 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.

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

Bard, P.J. (1985) **MICROTEXTURAS DE ROCAS MAGMÁTICAS Y METAMÓRFICAS.** Masson S.A. Barcelona.

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

Castro, E., Núñez, M.,(2022) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-SEDIMENTOLÓGICA DEL RÍO MARHUANTA EN LA CUENCA MEDIA, EN EL SECTOR DEL FUNDO MI CAMPITO, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.** Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, escuela de Ciencias de la Tierra. P. 66.

Castro Dorado, V. (2015). **PETROGRAFÍA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS.** Editorial Paraninfo, Madrid, España, pp 119-145.

Campos D. y Ramírez C. (2022). **CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS AL OESTE DE LA RIO CARDOZO, EN EL SECTOR DEL BALNEARIO CANAÁN, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. P. 105.

Fossen H., H. (2010) **STRUCTURAL GEOLOGY**. Cambridge University Press, New York.

Geoaprendo (2014) **GRANULITA**. Disponible en: <https://www.geoaprendo.com/2014/12/granulita-granulite-roca.html>. Fecha de consulta 19 de noviembre 2023.

Geologyscience (2023). **ROCAS METAMÓRFICAS NO FOLIADAS**. Disponible en: <https://es.geologyscience.com/rocas/Rocas-metam%C3%B3rficas/rocas-metam%C3%B3rficas-no-foliadas/granulitos/> Fecha de consulta 19 de diciembre 2023.

Geotecniafacil.com (2023) **MIGMATITA: IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN, PROPIEDADES, FORMACIÓN Y USOS**. Disponible 02/08/2023. <https://geotecniafacil.com>.

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

INGEOMIN (2004) **INFORME GEOLOGICO HOJA CIUDAD BOLIVAR (7440)** Ciudad Bolívar, Venezuela

Instituto Geológico de Cataluña (2010) **ATLAS GEOLÓGICO DE CATALUÑA ELEMENTOS DE LOS MAPAS GEOLÓGICOS**. Disponible en: <https://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Explora-Cataluna/Atlas/Atlas-geologico-de-Cataluna/Elementos-de-los-mapas-geologicos>. Consulta el 10 de diciembre 2023.

Luces Francia y Mora Victor (2023) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS SITUADOS EN LAS CABECERAS DE LA RIO LAS TINAJITAS, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, PARROQUIA MARHUANTA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. P. 124.

Mattauer, M. (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.

Méndez B. José(2006) **GEOLOGÍA FÍSICA**. PDVSA INTEVEP, P.199

Méndez, BaahamondeJ. (2006). **PETROLOGÍA**. Facultad de Ciencias de la UCV. Caracas, Pp. 96-106, 140, 303-307.

Mottana, A.; Crespi, R. y Liborio G. (1998) **INGENIERÍA GEOLÓGICA**. Pearson Educación, S. A., Madrid.

Ramírez L. y Brito M. (2022) **CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. Pp 107.

OyarzunRobertoyDoblasMiguel(2023)FALLASYZONASDECIZALLA (PARTE 1): ASPECTOS GENERALES. Fecha de consulta: 15/02/2023. Obtenido de:
https://www.aulados.net/Geologia_yacimientos/Zonas%20de%20Cizalla/Fallas_Primer_Parte.htm.

Pettijohn F, J. (1976). **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Edición EUDEBA. Tercera Edición, Buenos Aires Argentina. Pp 250-260.

Ragan, D. (1987). **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**. Ediciones Omega, S. A., Barcelona. Primera reimpresión. Pp 13 y 14.

Sabino, C. (2013) **EL PROCESO DE INVESTIGACION**. Editorial Panapo. Caracas.

Strahler, Arthur Newell (1989) **Geografía Física**, 3a Edición Omega, Barcelona, España.

Selley, R.C. (1976). **AN INTRODUCTION TO SEDIMENTOLOGY**. Academic Press. New York, USA. Pp 408.

Tarbuck, Edward. Lutgens, Frederick. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. 26 de diciembre de 2022, [<http://www.osop.com.pa/wp-content/uploads/2014/04/TARBUCK-y-LUTGENSCiencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>]

Toselli Alejandro J. (2010). **ELEMENTOS BÁSICOS DE PETROLOGÍA ÍGNEA**. Instituto Superior De Correlación Geológica (INSUGEO). Argentina, pp 224-225. Disponible en <https://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/misc-18-12.pdf>, Fecha de consulta 10 de enero 2024.

Vander Plujim, B. A., y Marshak, S. (2004) **EARTH STRUCTURE: AN INTRODUCTION TO STRCUTURAL GEOLOGY AND TECTONICS**. W.W Norton y Company, Inc, New York.

Universidad de Granada (2020). **GLOSARIO DE GEOLOGÍA**. Disponible en: https://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm.

Wentworth, C.K. (1922). **A SCALE OF GRADE AND CLASS TERMS FOR CLASTIC SEDIMENTS**. **JOURNAL OF GEOLOGY**. Pp 30, 377–392.

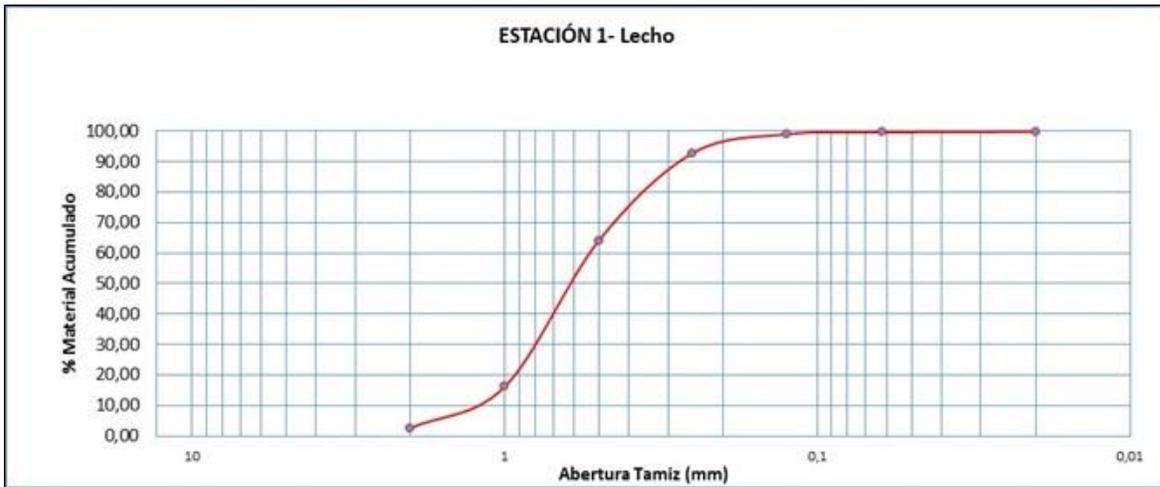
Wolfgang, G. (2001). **DIAGRAMA DE ROSAS O ROSETA DE DIACLASAS**. En línea 2016, 21 de agosto. Disponible en: [<http://www.geovirtual.cl/Geoestructural/prak03.htm>].

APÉNDICES

APÉNDICE A

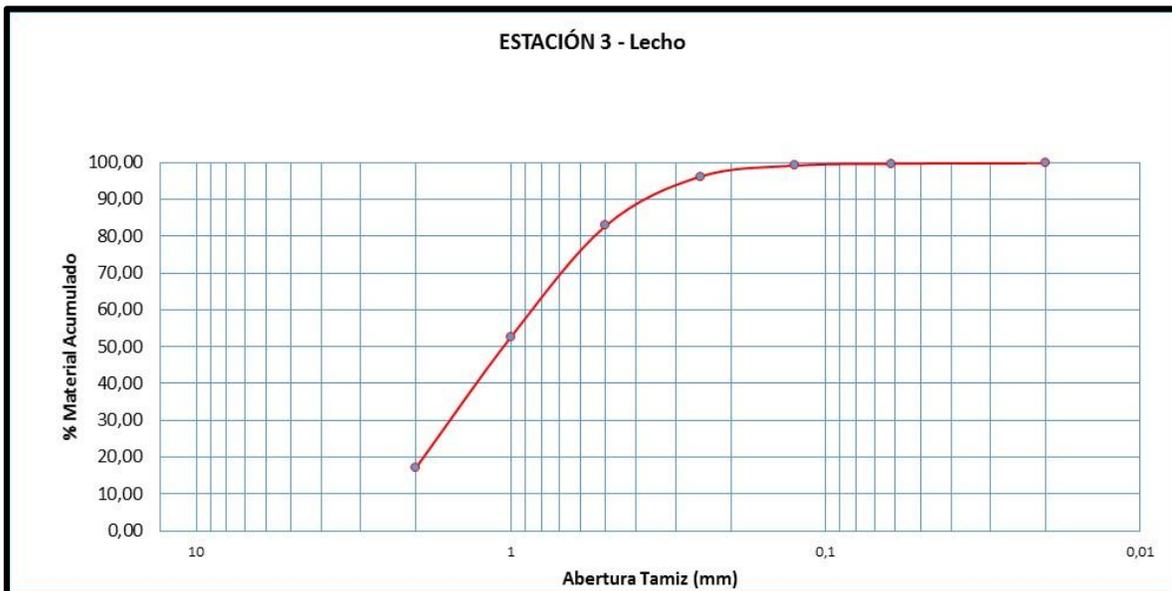
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS
DE SEDIMENTOS**

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 1 - Lecho		Coordenadas:	N: 895251	E: 450822,67		
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra	Estación 1 - Lecho	Arena muy gruesa a media gravosa		
			503,00	Arena muy gruesa a media			
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz + Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	674	13	2,58	2,58	97,42
18	1,00	593	661	68	13,52	16,10	83,90
35	0,5	554	795	241	47,91	64,01	35,99
60	0,25	286	431	145	28,83	92,84	7,16
120	0,125	493	524	31	6,16	99,00	1,00
200	0,062	504	507	3	0,60	99,60	0,40
PAN	0,02	481	482	1	0,20	99,80	0,20
				502			
Error				-1,00			



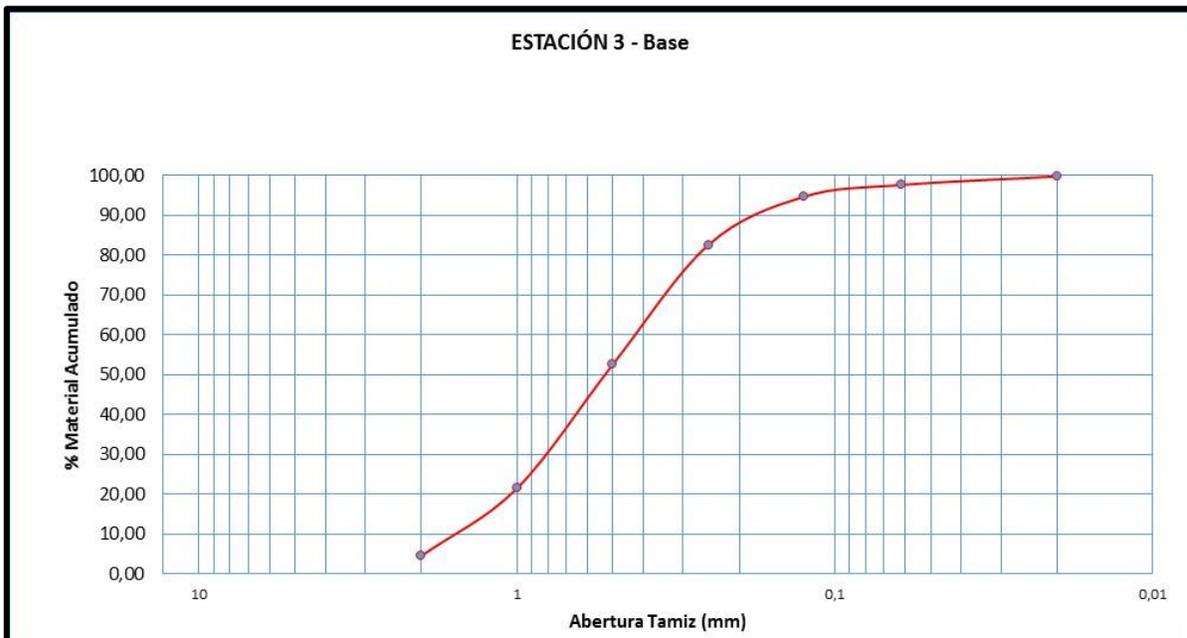
A.1 Análisis granulométrico de la muestra E1 – Lecho.

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 3 - Lecho		Coordenadas:	N: 895199,42	E: 450931,86		
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra		Estación 3 - Lecho		
			576,00		Arena muy gruesa a media gravosa		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	760	99	17,19	17,19	82,81
18	1,00	593	797	204	35,42	52,61	47,39
35	0,5	554	728	174	30,21	82,82	17,19
60	0,25	286	363	77	13,37	96,18	3,82
120	0,125	493	510	17	2,95	99,13	0,87
200	0,062	504	507	3	0,52	99,66	0,34
PAN	0,02	481	482	1	0,17	99,83	0,17
				575			
			Error	-1,00			



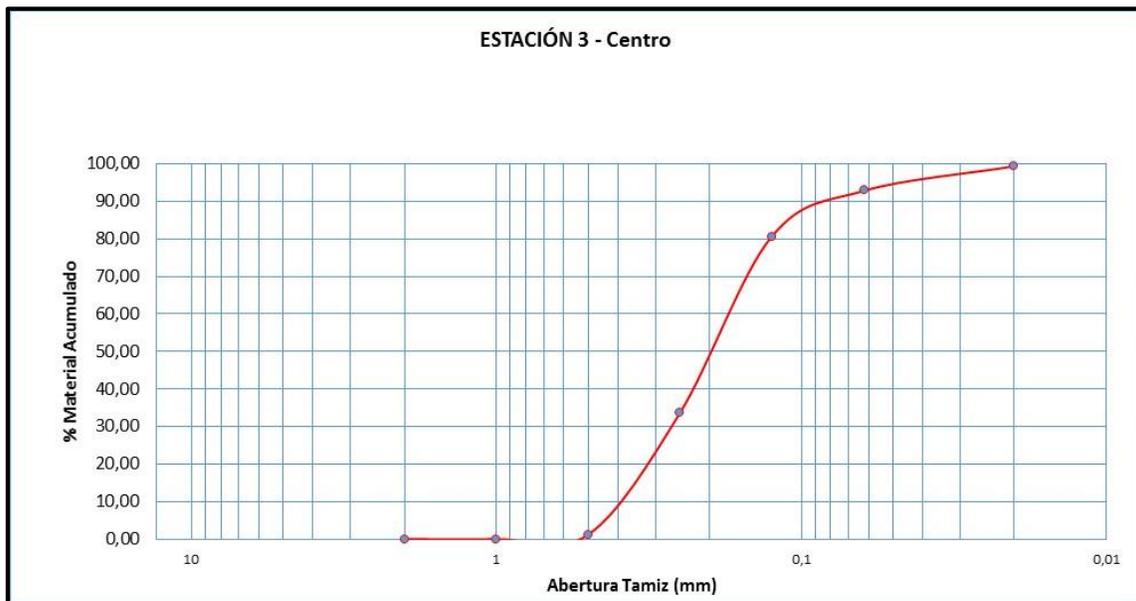
A.2 Análisis granulométrico de la muestra E3 – Lecho.

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 3 - Base		Coordenadas:	N: 895199,42	E: 450931,86		
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra		Estación 3- Base		
			512,00		Arena muy gruesa a fina		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	684	23	4,49	4,49	95,51
18	1,00	593	680	87	16,99	21,48	78,52
35	0,5	554	713	159	31,05	52,54	47,46
60	0,25	286	440	154	30,08	82,62	17,39
120	0,125	493	555	62	12,11	94,72	5,28
200	0,062	504	519	15	2,93	97,65	2,35
PAN	0,02	481	492	11	2,15	99,80	0,20
				511			
			Error	-1,00			



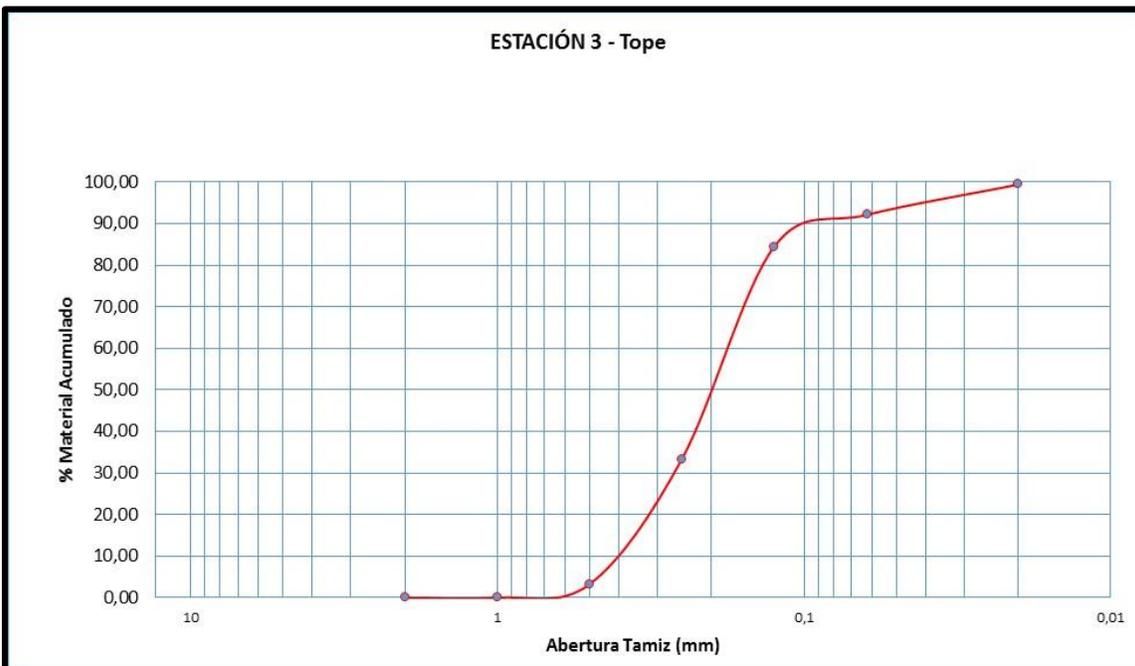
A.3 Análisis Granulométrico de la muestra E3 – Base.

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 3 - Centro		Coordenadas:	N: 895199,42	E: 450931,86		
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra		Estación 3 - Centro		
			506,00		Arena muy gruesa a media gravosa		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	661	0	0,00	0,00	100,00
18	1,00	593	593	0	0,00	0,00	100,00
35	0,5	554	560	6	1,19	1,19	98,81
60	0,25	286	450	164	32,41	33,60	66,40
120	0,125	493	731	238	47,04	80,63	19,37
200	0,062	504	566	62	12,25	92,89	7,11
PAN	0,02	481	514	33	6,52	99,41	0,59
				503			
			Error	-3,00			



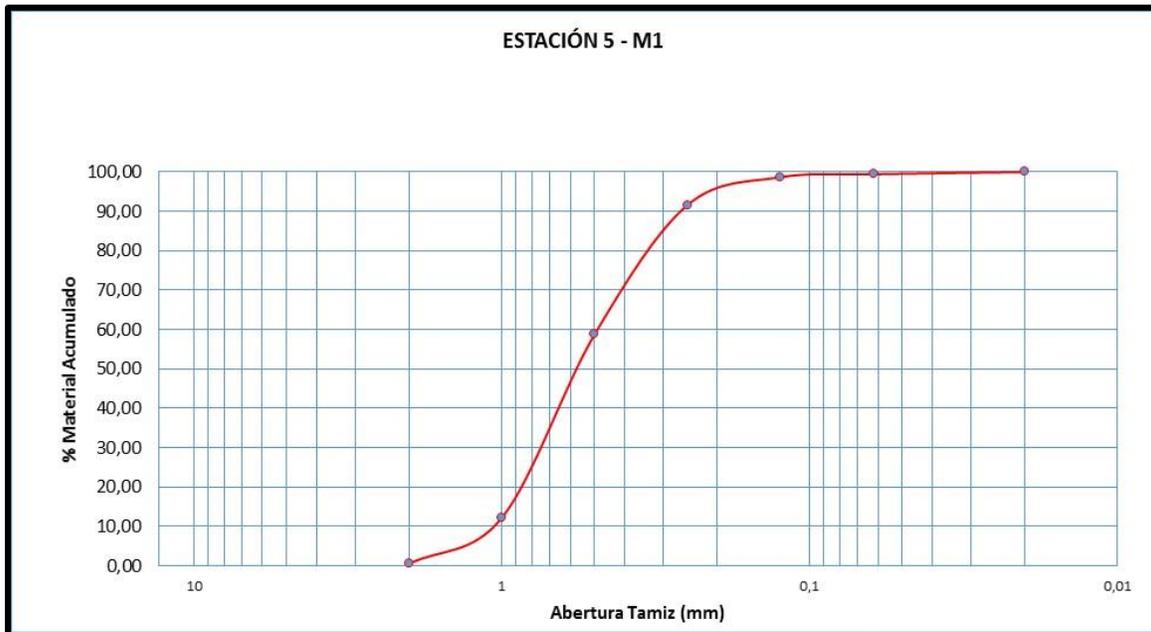
A.4 Análisis Granulométrico de la muestra E3- Centro.

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 3 - Tope		Coordenadas:	N: 895199,42	E: 450931,86		
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra		Estación 3 -Tope		
			522,00		Arena muy gruesa a media gravosa		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	661	0	0,00	0,00	100,00
18	1,00	593	593	0	0,00	0,00	100,00
35	0,5	554	571	17	3,26	3,26	96,74
60	0,25	286	443	157	30,08	33,33	66,67
120	0,125	493	760	267	51,15	84,48	15,52
200	0,062	504	544	40	7,66	92,15	7,85
PAN	0,02	481	519	38	7,28	99,43	0,57
				519			
			Error	-3,00			



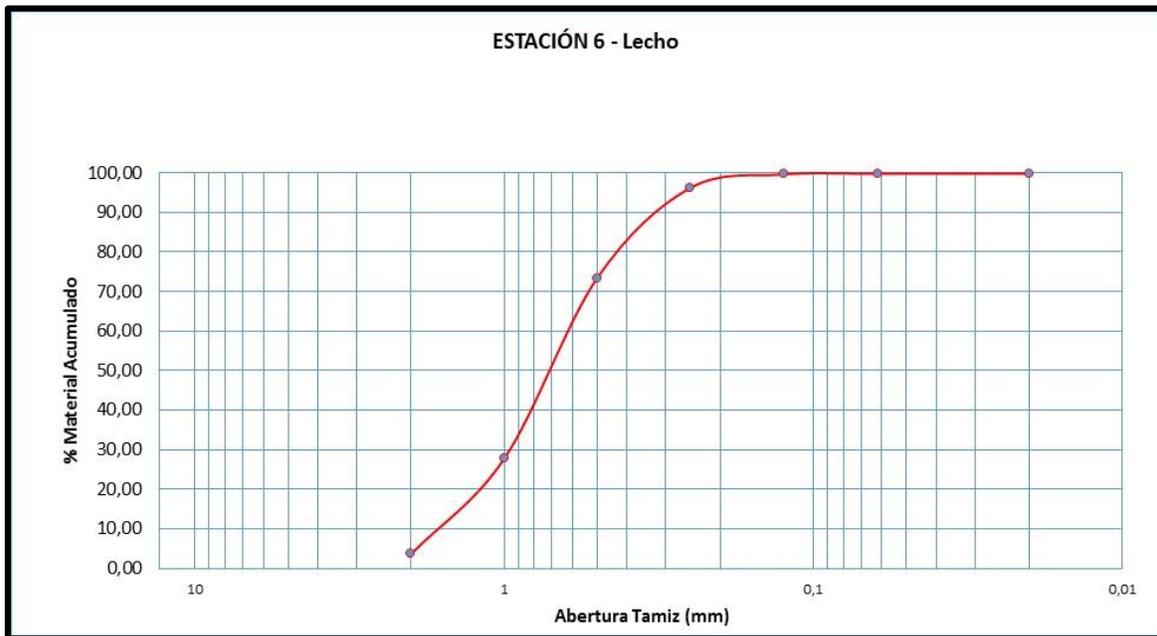
A.5 Análisis granulométrico de la muestra E3 – Tope.

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación E5 - M1		Coordenadas:	N: 895202,27		E: 450907,35	
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra		Estación 5 - M1		
			522,00		Arena muy gruesa a media gravosa		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	664	3	0,57	0,57	99,43
18	1,00	593	654	61	11,69	12,26	87,74
35	0,5	554	797	243	46,55	58,81	41,19
60	0,25	286	457	171	32,76	91,57	8,43
120	0,125	493	530	37	7,09	98,65	1,35
200	0,062	504	508	4	0,77	99,42	0,58
PAN	0,02	481	484	3	0,57	100,00	0,00
				522			
				Error	0,00		



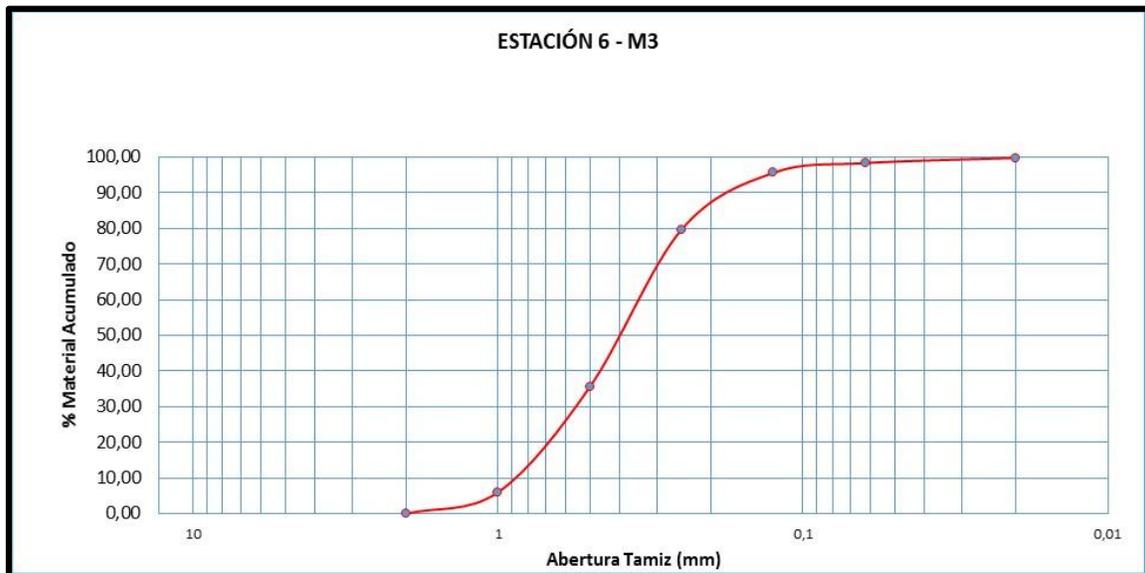
A.6 Análisis granulométrico de la muestra E5 - M1.

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 6 - Lecho		Coordenadas:	N: 895164,01	E: 451068,57		
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra	Estación 6 - Lecho			
			527,00		Arena muy gruesa a media		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	680	19	3,61	3,61	96,39
18	1,00	593	720	127	24,10	27,71	72,29
35	0,5	554	795	241	45,73	73,44	26,56
60	0,25	286	406	120	22,77	96,21	3,79
120	0,125	493	511	18	3,42	99,63	0,37
200	0,062	504	505	1	0,19	99,81	0,19
PAN	0,02	481	481	0	0,00	99,81	0,19
				526			
				Error	-1,00		



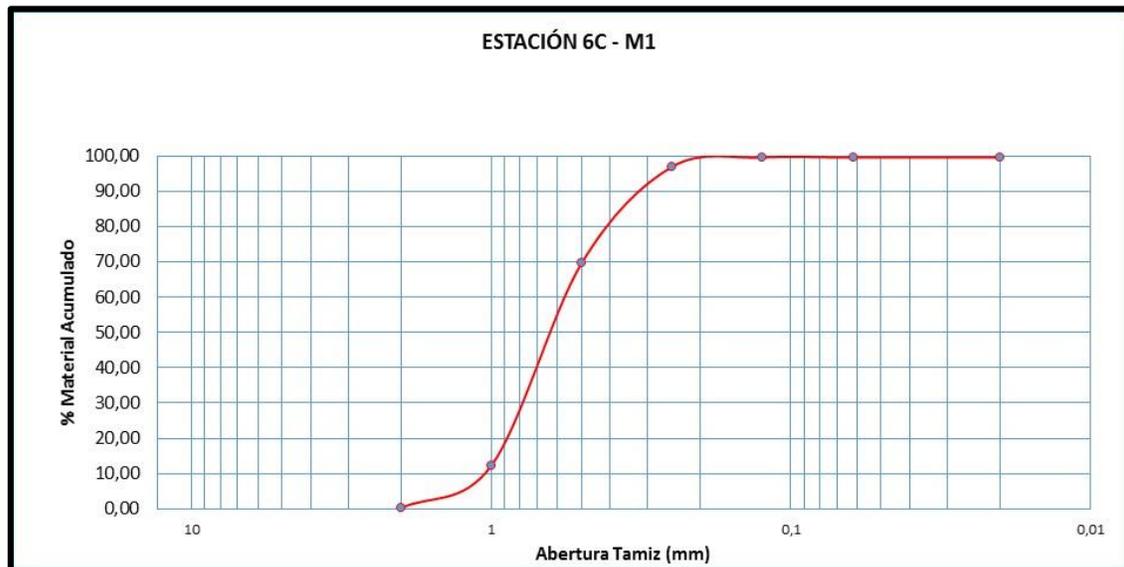
A.7 Análisis granulométrico de la muestra E6 – Lecho.

Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 6 - M1		Coordenadas:	N: 895164,01		E: 451068,57	
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra		Estación 6 - M1		
			516,00		Arena muy gruesa a media gravosa		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	661	0	0,00	0,00	100,00
18	1,00	593	648	55	10,66	10,66	89,34
35	0,5	554	753	199	38,57	49,22	50,78
60	0,25	286	469	183	35,47	84,69	15,31
120	0,125	493	552	59	11,43	96,12	3,88
200	0,062	504	518	14	2,71	98,84	1,16
PAN	0,02	481	487	6	1,16	100,00	0,00
				516			
				Error	0,00		



A.9 Análisis granulométrico de la muestra E6 - M3.

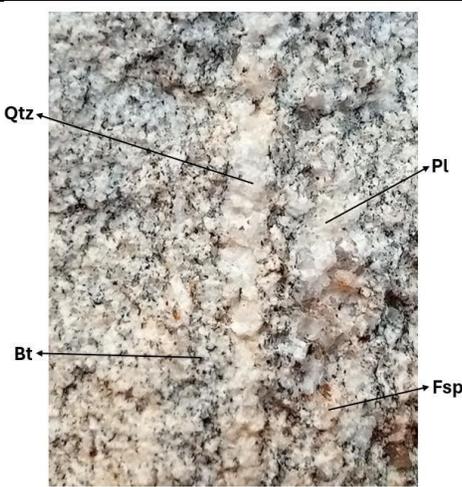
Fecha:	Marzo de 2024						
Muestra:	Estación 6C - M1		Coordenadas:	N: 895164,01	E: 451068,57		
Procedencia:	QUEBRADA EL DIABLITO, PARROQUIA MARHUANTA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR						
Descripción:	Arena muy gruesa a media gravosa						
Peso de la muestra (gr):			Muestra		Estación 6C - M1		
			519,00		Arena muy gruesa a media gravosa		
# Tamiz	Diam. Tamiz	Peso Tamiz	Tamiz+Muestra	Peso Ret.	%Material Ret	%Material Acum.	%Mat. Pasante
10	2	661	662	1	0,19	0,19	99,81
18	1,00	593	655	62	11,95	12,14	87,86
35	0,5	554	852	298	57,42	69,55	30,45
60	0,25	286	428	142	27,36	96,91	3,09
120	0,125	493	507	14	2,70	99,61	0,39
200	0,062	504	504	0	0,00	99,61	0,39
PAN	0,02	481	481	0	0,00	99,61	0,39
				517			
			Error	-2,00			



A.10 Análisis granulométrico de la muestra E6C - M1.

APÉNDICE B
ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LAS MUESTRAS DE ROCAS

B.1 Tabla Descriptiva de los análisis mineralógicos macroscópicos de las muestras de rocas E6-A y E6-B.

Código	Nombre de la roca	Descripción	Textura	Composición mineralógica (aproximada)	Vista macroscópica
E6-A	Gneis cuarzoso , color marrón grisáceo	Roca holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño que van desde 2 mm hasta 3 mm aproximadamente. Su equivalente protolito se asemeja a una granodiorita cuarcífera.	Granoblástica	(Pl)Plagioclasas40% (Qtz)Cuarzo38% (Fsp)Feldespatos15% (Bt)Biotita7%	
E6-B	Gneis biotítico cuarzoso	Roca holocristalina, de grano fino cuyos minerales muestran orientación. La muestra contiene pequeñas vetillas de cuarzo paralelas a la foliación. Su equivalente protolito se asemeja a una tonalita.	Gneisica , foliada	(Pl)Plagioclasas35% (Bt)Biotita32% (Qtz)Cuarzo30% (Fsp)Feldespatos3%	

B.2 Tabla Descriptiva de los análisis mineralógicos macroscópicos de las muestras de rocas E7-A-M1 y E7-A-M2.

Código	Nombre de la roca	Descripción	Textura	Composición mineralógica (aproximada)	Vista macroscópica
E7-A-M1	Gneis cuarzoso gris	Roca holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño que van desde 2 mm hasta 3 mm aproximadamente. La biotita se encuentra en estado de alteración mostrando franjas negras alargadas. El exterior de la roca, en las zonas de notable meteorización contiene moscovita, dándole una apariencia micácea a la roca. Su equivalente protolito se asemeja a una granodiorita cuarcífera.	Granoblástica	(Pl)Plagioclasas40% (Qtz)Cuarzo40% (Fsp) Feldespatos 10% (Bt)Biotitaalterada5% (Ms) Moscovita 5%	
E7-A-M2	Gneis feldespático o cuarzoso biotítico	Roca holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño que van desde 2 mm hasta 3 mm aproximadamente. Su equivalente protolito se asemeja a una sienogranito	Granoblástica	(Fsp)Feldespatos40% (Qtz)Cuarzo32% (Bt)Biotita21% (Pl)Plagioclasas 5% Mineralaccesorio (Rt) Rutilo 2%	

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Caracterización Geológica y estructural de los afloramientos en el río el diablito, ubicado en la Parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código ORCID / e-mail	
Jimenez Sojo Angel Rafael	ORCID	
	e-mail	ajcristianoangel@hotmail.com
	e-mail	ajcristianoangel7@gmail.com
Laya Lara Danyervic Alexander	ORCID	
	e-mail	alexanderlaya14@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

falla inversa
boundinage
diagrama de rosas
análisis mineralógico
estructuras geológicas
complejo de imataca
sedimentos del reciente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Área o Línea de investigación:

Área	Subáreas
Ciencias de la tierra	Geología
Línea de Investigación:	

Resumen (abstract):

Resumen

El área de la rio El Diablito se encuentra al sureste de Ciudad Bolívar, en la parroquia Marhuanta, Municipio Angostura del Orinoco, en el Estado Bolívar. Este trabajo tiene como objetivo el realizar una caracterización geológica y estructural, de los alrededores de la rio El Diablito. Esta investigación ha sido definida como de tipo descriptiva, con diseño documental y de campo. Para obtener los objetivos se recolectó información a través de 8 estaciones de trabajo, que forman parte del complejo Geológico de Imataca y de sedimentos del reciente, recolectando así 10 muestras de sedimentos y 8 de rocas, a las cuales se les realizaron diversos estudios, a las muestras sedimentológicas se les realizó un estudio granulométrico y un estudio morfológico por el método de Pettijhon; mientras tanto a las muestras de rocas se le realizó un análisis mineralógicos macroscópicos a través de una lupa 10X. De igual manera se llevaron a cabo descripciones de estructuras geológicas, elaboración de diagramas de rosas y la elaboración de un mapa geológico. El área está compuesta litológicamente gneises biotíticos cuarzosos de grano fino y grano medio de distintos colores y algunos con bandas de biotita y moscovita en la superficie meteorizada, gneises cuarzo feldespáticos biotíticos, de grano medio, de diversos colores; y migmatitas de colores gris y rosado, diques de cuarzo y pegmatitas cizalladas, pertenecientes al Complejo de Imataca y suelos residuales de grano medio a muy grueso, con abundantes fragmentos de cuarzo lechoso moteado de rojo claro y cuarcitas ferruginosas con 1 a 6 cm de diámetro sobre gneises y cuarcitas, además de estos como parte de los sedimentos del reciente se componen principalmente por arenas de grano muy grueso a media gravosas y arenas de grano grueso a medias gravosas. Las diaclasas observadas en la estación 7 son de tipo conjugadas las cuales tienen un azimut de 335° y de 180° las cuales poseen una dirección de esfuerzos NW-SE de 65°, por su parte en la estación 8 se encontraron diaclasas conjugadas las cuales presentaron azimut: de 332° y 273° y con un esfuerzo con dirección NW-SE de 32°. Se pudo identificar para cada una de las muestras sedimentológicas que estas mayormente tuvieron un transporte de moderado a bajo. En el mapa geológico se observa que los suelos residuales pertenecientes al Complejo de Imataca abarcan la mayoría del terreno con un 95% aproximadamente, mientras que los afloramientos del complejo de Imataca representan el 3% del área y los sedimentos del reciente representan 2% del terreno cartografiados.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código ORCID / e-mail										
Jimenez Sojo Angel Rafael	ROL	CA	X	AS		TU		JU			
	ORCID										
	e-mail	ajcristianoangel@hotmail.com									
	e-mail	ajcristianoangel7@gmail.com									
Laya Lara Danyervic Alexander	ROL	CA	X	AS		TU		JU			
	ORCID										
	e-mail	alexanderlaya14@gmail.com									
	e-mail										
Rosario Rivadulla	ROL	CA		AS		TU	X	JU			
	ORCID										
	e-mail	rosarioudo@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2024	10	21

Lenguaje: Spa _____

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NBOTTG_JSAR2024

Alcance:

Espacial: Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar,
Universidad De Oriente

Temporal: 11meses

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Geólogo

Área de Estudio: Dpto. de Geología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad De Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUNVELO
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 Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.



AUTOR
Br. ANGÉL JIMENEZ



AUTOR
Br. DANYERVIC LAYA



TUTOR
Prof.: Rosario Rivadulla